

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Božidar Belavić

Zagreb, 2011

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

PROCJENA RAZINE KVALITETE PROIZVOĐAČA ČELIKA ZA ARMIRANJE BETONA

Voditelj rada:
Dr. sc. Biserka Runje

Božidar Belavić

Zagreb, 2011

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad na temu "Procjena razine kvalitete proizvođača čelika za armiranje betona" izradio samostalno, koristeći navedenu stručnu literaturu i znanje stečeno tijekom dosadašnjeg dijela studija.

Božidar Belavić

ZAHVALA

Uveliko se zahvaljujem svojoj mentorici profesorici dr. sc. Biserki Runje na stručnim savjetima, pruženoj literaturi i vođenju kroz izradu ovog diplomskog rada.

Želio bih se zahvaliti Institutu IGH d.d., a posebice djelatniku mr. sc. Zdravku Baršiću za stručne savjete prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Posebnu zahvalu posvećujem svojim roditeljima, djevojci, obitelji i prijateljima koji me prate tijekom mog školovanja i pružaju mi veliku podršku.

*„Za svaku želju koju poželiš,
obdaren si i snagom da je ostvariš“*
Richard Bach: „Most preko vječnosti“

SAŽETAK

U ovom radu daje se sažet prikaz postupka potvrđivanja sukladnosti čelika za armiranje betona u Republici Hrvatskoj koji se provodi sukladno zahtjevima norme HRN EN 10080. Zbog više vrsta čelika za armiranje betona rad se odnosi isključivo na strojno zavarene mreže kao jedan od gotovih proizvoda čelika za armiranje betona. Postupak potvrđivanja sukladnosti zavarenih mreža potrebno je provoditi prema zakonima i tehničkim propisima, a za postupak izdavanja potvrde o sukladnosti zadužena je ovlaštena osoba odnosno akreditirana certifikacijska kuća. Za dobivanje potvrde o sukladnosti od ovlaštenog certifikacijskog tijela proizvođač mora izvršiti određene procese (podnošenje zahtjeva za certifikaciju, tvornička kontrola proizvodnje, itd.) i zadovoljiti uvjete norme HRN EN 10080.

Jedan od uvjeta dobivanja potvrde o sukladnosti čelika za armiranje betona je provođenje statističke obrade vlačnih svojstava prema metodi iz norme HRN EN 10080, prema kojoj rezultati ispitivanja vlačnih svojstava moraju zadovoljiti odgovarajuće specificirane zahtjeve. Opis i način izvođenja statističke obrade prema toj metodi nalazi se u ovom radu. Također tom metodom provedena je statistička obrada nad dobivenim podacima vlačnih svojstava od određenog proizvođača.

Ovim radom predložene su dvije nove statističke metode za vrednovanje rezultata ispitivanja vlačnih svojstava čelika za armiranje standardna „s“ i višedimenzionalna „s“ metode iz norme ISO 3951-2.

U programskom paketu Minitab izvršena je analiza dobivenih podataka za vlačna svojstva zavarenih mreža. Provedena je analiza sposobnosti procesa prije i nakon provedene Johnson-ove transformacije, također ispitan je i normalitet podataka s obzirom da sve navedene metode zahtijevaju da se podaci pokoravaju normalnoj razdiobi.

OZNAKE

- L - duljina uzdužne žice, mm
 B - duljina poprečne žice, mm
 u_1 - prepust uzdužnih žica, mm
 u_2 - prepust uzdužnih žica, mm
 u_3 - prepust poprečnih žica, mm
 u_4 - prepust porečnih žica, mm
 P_L - korak uzdužnih žica, mm
 P_C - korak poprečnih žica, mm
 R_e - granica razvlačenja
 R_m/R_e - omjer vlačne čvrstoće i granice razvlačenja
 $R_{e,act}/R_{e,nom}$ - omjer stvarne vrijednosti granice razvlačenja i specificirane vrijednosti granice razvlačenja
 A_{gt} - ukupno istezanje pri najvećoj sili
 \bar{x} - srednja vrijednost rezultata ispitivanja
 s - procijenjena standardna devijacija skupa
 k - koeficijent naveden u tablici 5 za R_e i u tablici 6 za $A_{gt}, R_m/R_e, R_{e,act}/R_{e,nom}$
 C_v - specificirana karakteristična vrijednost
 G_{n-1}^{-1} - inverzna funkcija necentralne t-distribucije
 \mathcal{J} - parametar necentralnosti
 AQL - prihvatljiva razina kvalitete
 n - veličina uzorka
 U - gornja granica specifikacije
 L - donja granica specifikacije
 Q - statistika kvalitete
 p^* - konstanta prihvatljivosti
 PPM - podatak o dijelovima na milijun
 P_p, P_{pk} i P_r - sposobnost procesa u duljem vremenskom razdoblju

POPIS SLIKA

Slika 1. Geometrijske značajke posebnih zavarenih mreža	3
Slika 2. Dijagram toka - potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje	6
Slika 3. Utjecaj parametra necentralnosti δ na necentralnu t-distribuciju[5]	16
Slika 4. OC krivulja uzorkovanja po varijablama[5]	17
Slika 5. Testiranje normaliteta za R_e čelika B550A	44
Slika 6. Testiranje normaliteta za R_m/R_e čelika B550A	45
Slika 7. Testiranje normaliteta za A_{gt} čelika B550A	45
Slika 8. Testiranje normaliteta za R_e čelika B550B	46
Slika 9. Testiranje normaliteta za R_m/R_e čelika B550B	47
Slika 10. Testiranje normaliteta za A_{gt} čelika B550A	47
Slika 11. Sposobnost procesa za R_e čelika B550A	49
Slika 12. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550A	49
Slika 13. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550A	50
Slika 14. Sposobnost procesa za R_e čelika B550B	50
Slika 15. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550B	51
Slika 16. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550B	51
Slika 17. Sposobnost procesa za R_e čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije	53
Slika 18. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije	54
Slika 19. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije	54
Slika 20. Sposobnost procesa za R_e čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije	55
Slika 21. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije	56
Slika 22. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije	56

POPIS TABLICA

Tablica 1. Dodjela zadataka za vrednovanje sukladnosti čelika za armiranje u sustavu 1+	7
Tablica 2. Plan uzorkovanja zavarenih mreža u skladu s normom HRN EN 10080	9
Tablica 3. Vrsta i broj ispitnih skupina u skladu s normom HRN EN 10080	10
Tablica 4. Broj ispitivanja normiranih svojstava zavarenih mreža u skladu s normom HRN EN 10080	11
Tablica 5. R_e - koeficijent k kao funkcija broja (n) rezultata ispitivanja (za 5 %-tnu razinu pouzdanosti [$p=0,95$] uz vjerojatnost od 90%)	14
Tablica 6. A_{gt} , R_m/R_e i $R_{e,act.}/R_{e,nom}$ koeficijent k kao funkcija broja (n) rezultata ispitivanja (za 10 %-tnu razinu pouzdanosti [$p=0,90$] uz vjerojatnost od 90%)	14
Tablica 7. Kodno slovo veličine uzorka i razina kontrole prema normi ISO 3951-2	19
Tablica 8. Dobivanje koeficijenta k kod normalne razine kontrole	20
Tablica 9. Dobivanje konstante prihvatljivosti p^* kod normalne razine kontrole	23
Tablica 10. Vrijednosti a_n za veličinu uzorka n	25
Tablica 11. Primjer uvjeta i rezultata pet karakteristika kvalitete sa procesom nepoznatih standardnih odstupanja	25
Tablica 12. Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava zavarenih mreža na $n=437$ uzoraka nazivnog promjera $d=7$ mm vrste čelika B550A	28
Tablica 13. Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava zavarenih mreža na $n=168$ uzoraka nazivnog promjera $d=7$ mm vrste čelika B550B	33
Tablica 14. Svojstva zavarenih mreža	35
Tablica 15. Statistička obrada dobivenih rezultata u skladu s normom HRN EN 10080	36
Tablica 16. Statistička obrada dobivenih rezultata standardnom „s” metodom	38
Tablica 17. Statistička obrada dobivenih rezultata višedimenzionalnom „s” metodom	39
Tablica 18. Sposobnost procesa čelika B550A prije i poslije provedene transformacije	55
Tablica 19. Sposobnost procesa čelika B550B prije i poslije provedene transformacije	57

SADRŽAJ

1 UVOD.....	1
2 POSTUPAK POTVRĐIVANJA SUKLADNOSTI ČELIKA ZA ARMIRANJE BETONA PREMA VAŽEĆOJ ZAKONSKOJ REGULATIVI U REPUBLICI HRVATSKOJ	3
2.1 Čelik za armiranje.....	3
2.2 Potvrda o sukladnosti.....	4
2.3 Postupak potvrđivanja sukladnosti (certifikacije) čelika za armiranje	5
2.3.1 Podnošenje zahtjeva	8
2.3.2 Početni pregled proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje.....	9
2.3.3 Početno ispitivanje tipa proizvoda.....	10
2.3.4 Ispitivanje slučajnih uzoraka iz proizvodnje.....	11
2.3.5 Dodjela potvrde o sukladnosti (certifikata)	12
2.3.6 Stalni nadzor proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje.....	12
3 STATISTIČKE METODE ZA OCJENJIVANJE PROCESA PROIZVODNJE	13
3.1 Vrednovanje rezultata ispitivanja u skladu s normom HRN EN 10080	13
3.1.1 Definicija koeficijenta k	15
3.2.1 Standardna „s“ metoda prema normi ISO 3951-2	18
3.2.2 Višedimenzionalna „s“ metoda prema normi ISO 3951-2	22
4 STATISTIČKA OBRADA NA STVARNIM PODACIMA REZULTATA ISPITIVANJA ODABRANOG PROIZVOĐAČA ČELIKA ZA ARMIRANJE BETONA.....	27
4.1 Statistička obrada na stvarnim podacima rezultata ispitivanja prema metodi iz norme HRN EN 10080	36
4.2 Statistička obrada na stvarnim podacima rezultata ispitivanja standardnom „s“ metodom.....	37
4.3 Statistička obrada na stvarnim podacima rezultata ispitivanja višedimenzionalnom „s“ metodom	39
5 ANALIZA PODATAKA U PROGRAMSKOM PAKETU MINITAB.....	43
5.1 Testiranje podataka na normalnu razdiobu	43

5.1.1 Testiranje normaliteta za vlačna svojstva zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A.....	44
5.1.2 Testiranje normaliteta za vlačna svojstva zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550B.....	46
5.2 Analiza sposobnosti procesa.....	48
5.2.1 Sposobnost procesa u analizi vlačnih svojstava zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A i B550B	49
5.3 Procjena sposobnosti procesa na temelju Johnson – ovih transformacija	52
5.3.1 Sposobnost procesa u analizi vlačnih svojstava zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije	53
5.3.2 Sposobnost procesa u analizi vlačnih svojstava zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije	55
6 ZAKLJUČAK.....	58
LITERATURA.....	60

1 UVOD

U prvom dijelu ovog rada daje se opis postupka potvrđivanja sukladnosti čelika za armiranje betona, a prema važećim zakonima za građevne proizvode i propise za betonske konstrukcije u Republici Hrvatskoj, te sukladno zahtjevima norme HRN EN 10080:2005. S obzirom da postoji više vrsta čelika za armiranje betona rad se odnosi isključivo na zavarene mreže kao jednu od vrsta čelika koja se koristi za armiranje betona. Za dobivanje potvrde o sukladnosti od ovlaštenog certifikacijskog tijela proizvođač mora izvršiti određene procese (podnošenje zahtjeva za certifikaciju, tvornička kontrola proizvodnje, itd.) i zadovoljiti uvjete norme HRN EN 10080.

U radu su opisane i razrađene statističke metode koje se koriste za ocjenjivanje procesa proizvodnje čelika za armiranje betona. Opisana je propisana metoda iz norme HRN EN 10080, a isto tako opisane su dvije metode iz norme ISO 3951-2 (standardna „s“ i višedimenzionalna „s“ metoda) koje su predložene za ocjenjivanje procesa proizvodnje zavarenih mreža te su navedeni konkretni primjeri izračuna pomoću tih metoda.

Najvažniji dio rada odnosi se na dio gdje je na dobivenim podacima ispitivanja od odabranog proizvođača izvršena statistička obrada nad vlačnim svojstvima zavarenih mreža promjera 7,0 mm kod dvije vrste čelika B550A i B550B. Cilj ovog rada je na temelju dobivenih podataka i izvršene statističke obrade navedenim metodama ocijeniti proces proizvodnje čelika za armiranje odabranog proizvođača. Naime, pokazalo se da propisana statistička metoda iz norme HRN EN 10080 u nekim slučajevima daje rezultate koji se ne podudaraju sa pojedinačnim rezultatima mjerenja, tj. poznato je da su sve pojedinačne vrijednosti unutar specificiranih granica, a statističkom obradom navedenom metodom se to ne potvrđuje. Stoga se u ovom radu pokušava saznati zbog kojeg razloga dolazi do takvih nepravilnosti i nepodudarnosti.

Ocjenjivanje procesa i analiza proizvodnje čelika za armiranje betona rađena je u programskom paketu Minitab. Najprije je provedena analiza kojom se određuje dali se dobiveni podaci ispitivanja zavarenih mreža pokoravaju normalnoj razdiobi budući da statističke metode koje se koriste to zahtijevaju. Analiza normaliteta provedena je

pomoću Anderson-Darling testa uz uobičajenu razinu $\alpha=0,05$ za obje vrste čelika. U analizi sposobnosti procesa analizirana je PPM vrijednost, to jest vrijednost koja pokazuje stvarni broj defekata na milijun podataka.

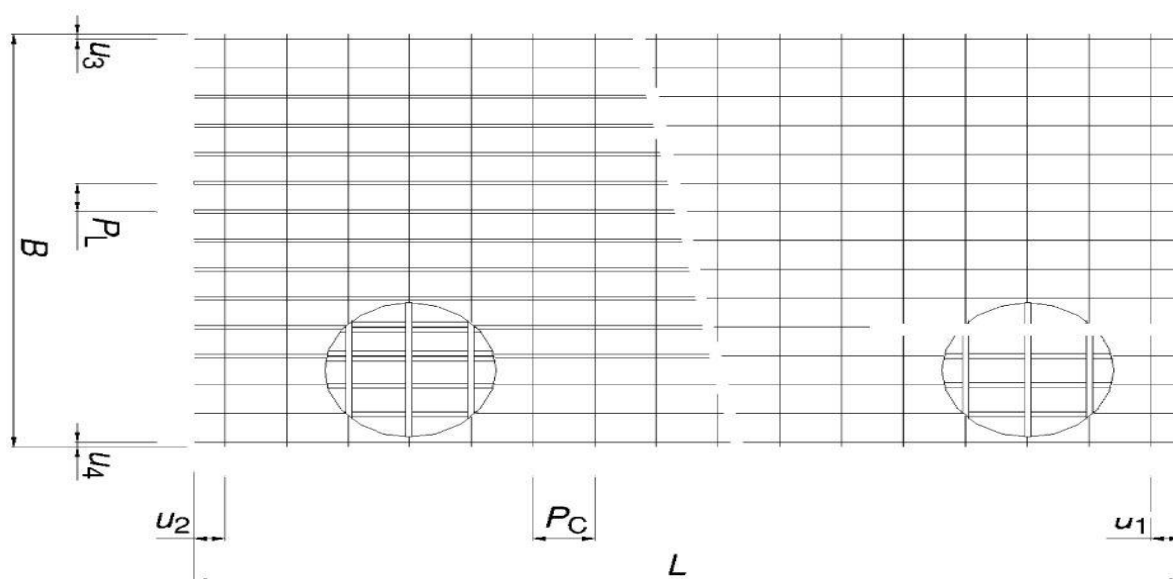
2 POSTUPAK POTVRĐIVANJA SUKLADNOSTI ČELIKA ZA ARMIRANJE BETONA PREMA VAŽEĆOJ ZAKONSKOJ REGULATIVI U REPUBLICI HRVATSKOJ

2.1 Čelik za armiranje

Čelik za armiranje je prema definiciji navedenoj u normi HRN EN 10080:2005 čelični proizvod kružnoga ili približno kružnoga poprečnog presjeka prikladan za armiranje betona. U skladu s normom može imati rebrastu, profiliranu ili glatku površinu. Kao takav koristi se za armiranje betonskih konstrukcija, a od strane proizvođača isporučuje se kao gotovi proizvod u obliku:

- šipki, namota (šipki, žica) i izravnanih proizvoda
- tvornički izrađenih strojno zavarenih mreža
- rešetkastih nosača [1].

Ovaj rad pri procjeni razine kvalitete proizvođača čelika za armiranje betona fokusira se na tvornički izrađene strojno zavarene mreže kao gotovi proizvod (Slika 1.). Zavarena mreža se sastoji od uzdužno i poprečno raspoređenih šipki ili žica istog ili različitog nazivnog promjera i duljine raspoređene međusobno ponajviše pod pravim kutom i tvornički elektrootporno zavarene u automatskim strojevima u svim dodirnim točkama [1].



Slika 1. Geometrijske značajke posebnih zavarenih mreža

L - duljina uzdužne žice, mm
 B - duljina poprečne žice, mm
 u_1 - prepust uzdužnih žica, mm
 u_2 - prepust uzdužnih žica, mm

u_3 - prepust poprečnih žica, mm
 u_4 - prepust porečnih žica, mm
 P_L - korak uzdužnih žica, mm
 P_C - korak poprečnih žica, mm

2.2 Potvrda o sukladnosti

Zakonom o građevnim proizvodima u Republici Hrvatskoj uređuju se tehnička svojstva, ocjenjivanje sukladnosti i dokazivanje uporabljivosti građevnih proizvoda kao uvjeta za njihovo stavljanje na tržište, distribuciju i uporabu u mjeri potrebnoj za ispunjavanje bitnih zahtjeva za građevinu. Propisano je da tehnička svojstva građevnog proizvoda, u ovom slučaju čelika za armiranje betona, moraju biti takva da uz propisanu ugradnju sukladno namjeni građevine, uz propisano, odnosno projektom određeno održavanje podnose sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaja okoline, tako da građevina u koju je ugrađen tijekom projektiranog roka uporabe ispunjava bitne zahtjeve za građevinu [2]. Prema tome, da bi se čelik za armiranje betona u bilo kojem obliku od navedenih mogao ugrađivati u betonske konstrukcije u Republici Hrvatskoj, proizvođaču ili uvozniku tog čelika potrebna je potvrda o sukladnosti čelika za armiranje betona prema važećoj zakonskoj regulativi u Republici Hrvatskoj izdana od ovlaštene osobe. Ovlaštenu osobu potvrđuje Ministarstvo te joj tim činom daje ovlaštenje za provedbu radnji ocjenjivanja sukladnosti, izdavanje potvrde o tvorničkoj kontroli proizvodnje i/ili za izdavanje potvrde o sukladnosti građevnog proizvoda.

Potvrda o sukladnosti (certifikat) je potvrda o sukladnosti građevnog proizvoda s tehničkom specifikacijom [3]. Ispravom o sukladnosti, koja se sastoji od potvrde o sukladnosti i izjave o sukladnosti koju daje proizvođač, dokazuje se uporabljivost tog građevnog proizvoda. Potvrdu o sukladnosti koja mora biti na hrvatskom jeziku i latiničnom pismu izdaje ovlaštena osoba na zahtjev proizvođača ili uvoznika građevnog proizvoda nakon što su provedene skupine radnji određene za ocjenjivanje sukladnosti građevnog proizvoda, te ako je sukladnost dokazana. Potvrda o sukladnosti obavezno sadrži:

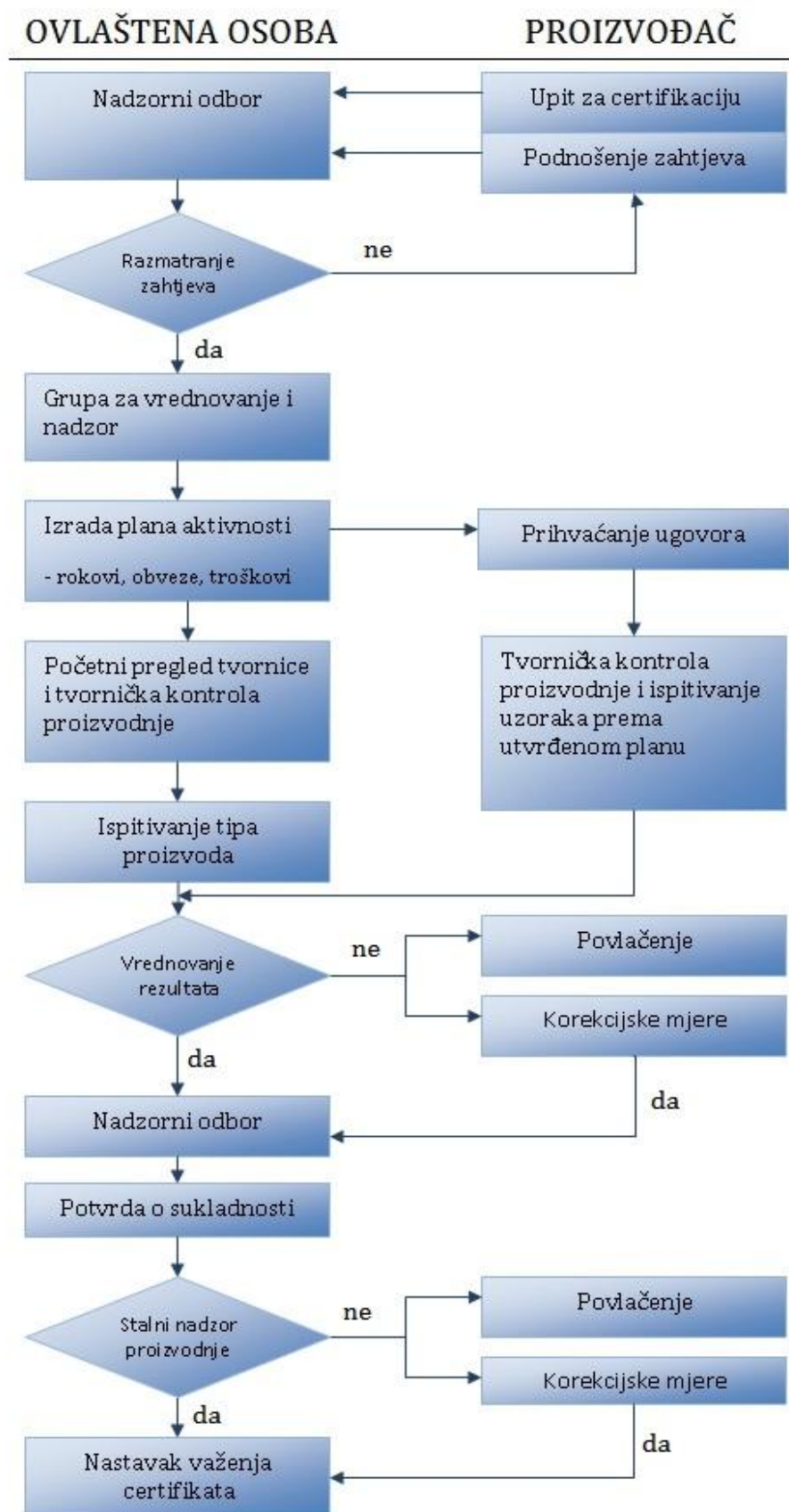
- tvrtku i sjedište ovlaštene osobe koja je izdala potvrdu o sukladnosti građevnog proizvoda,

- klasu, urbroj i datum ovlaštenja za obavljanje poslova izdavanja potvrde o sukladnosti osobe koja je izdala potvrdu o sukladnosti,
- evidencijski broj ovlaštene osobe,
- tvrtku i sjedište, odnosno ime i adresu proizvođača, ovlaštenog zastupnika ili uvoznika,
- naziv, kratki opis i namjeravanu uporabu građevnog proizvoda,
- oznaku tehničkih specifikacija koje su mjerodavne za ocjenjivanje sukladnosti građevnog proizvoda,
- oznaku sustava ocjenjivanja sukladnosti koji je proveden ili se provodi,
- evidencijski broj ovlaštene osobe te klasu, urbroj i datum izdavanja dokumenata o ocjenjivanju sukladnosti temeljem koje se potvrda izdaje,
- klasu, urbroj i datum izdavanja potvrde o sukladnosti i rok njegovog važenja,
- ime i potpis odgovorne osobe ovlaštene za potpisivanje potvrde o sukladnosti [3].

Za dobivanje potvrde o sukladnosti proizvođač mora proći postupak certifikacije, to jest postupak u kojem nezavisna treća strana (ovlaštena osoba) daje jamstvo u pisanom obliku (certifikat, potvrda) da su proizvod, proces ili usluga u skladu s traženim normama, pravilima i/ili zakonima.

2.3 Postupak potvrđivanja sukladnosti (certifikacije) čelika za armiranje

Postupak potvrđivanja sukladnosti čelika za armiranje (zavarenih mreža) provodi se prema dijagramu toka prikazanom na slici 2., a u skladu sa zakonskom regulativom u Republici Hrvatskoj i prema važećoj tehničkoj specifikaciji.



Slika 2. Dijagram toka - potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje, to jest zavarenih mreža provodi se prema sustavu ocjenjivanja sukladnosti 1+ te primjerenim postupcima i kriterijima ocjenjivanja sukladnosti norme HRN EN 10080:2005, za sva svojstva čelika za armiranje određena normama niza HRN 1130-4:2008 [4]. U postupku ocjenjivanja sukladnosti čelika za armiranje betona (zavarenih mreža) provode se radnje ispitivanja i radnje nadzora proizvodnje čelika za armiranje. Radnje ispitivanja i radnje nadzora koje provode proizvođač zavarenih mreža i ovlaštena osoba za izdavanje potvrde o sukladnosti prema sustavu ocjenjivanja sukladnosti 1+ sažete su u tablici 1.

Tablica 1. Dodjela zadataka za vrednovanje sukladnosti čelika za armiranje u sustavu 1+

ZADACI	
Zadaci proizvođača	Stalna tvornička kontrola proizvodnje
	Ispitivanje uzoraka iz proizvodnje prema utvrđenom planu ispitivanja
Zadaci ovlaštene osobe (certifikacijskog tijela)	Početno ispitivanje tipa
	Početni pregled tvornice i početni pregled tvorničke kontrole proizvodnje
	Stalni nadzor, procjena i ocjenjivanje tvorničke kontrole proizvodnje
	Ispitivanje slučajnih uzoraka uzetih iz proizvodnje iz propisanih skupina

O svakom zadatku u procesu ocjenjivanja sukladnosti pravna osoba koja je ovlaštena za provedbu radnji ocjenjivanja sukladnosti čelika za armiranje i proizvođač, izdaju dokument i dostavljaju ga osobi ovlaštenoj za izdavanje potvrde o sukladnosti i proizvođaču koji su ga dužni trajno čuvati. Ako se ti svi dokumenti ocjene kao pozitivni, potvrđuje se sukladnost čelika za armiranje s tehničkom specifikacijom.

2.3.1 Podnošenje zahtjeva

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje započinje procesom kojim proizvođač podnosi zahtjev za certificiranjem ovlaštenoj osobi (certifikacijskom tijelu). Uz zahtjev proizvođač predaje i tehničku dokumentaciju, u kojoj su navedeni proizvodni procesi i metode, te priručnik kvalitete u kojem se navodi opća politika, postupci i praksa poduzeća [1].

Osoba ovlaštena za provođenje radnji ocjenjivanja sukladnosti i za izdavanje potvrde o sukladnosti čelika za armiranje mora ispunjavati zahtjeve određene sljedećim hrvatskim normama:

- zahtjeve iz norme HRN EN ISO/IEC 17025:2007 za radnje ispitivanja građevnih proizvoda,
- zahtjeve iz norme HRN EN ISO/IEC 17020:2005 za radnje stalnog nadzora, procjene i ocjene tvorničke kontrole proizvodnje,
- zahtjeve iz norme HRN EN ISO/IEC 17021:2007 za radnje početnog nadzora tvornice i početnog nadzora tvorničke kontrole proizvodnje,
- zahtjeve iz norme HRN EN 45011:1998 vezane uz specifične uvjete za građevne proizvode [3].

Osoba ovlaštena za izdavanje potvrda o sukladnosti dužna je imenovati nadzorni odbor, interno tijelo koje je zaduženo za nadzor nad obavljanjem poslova izdavanja potvrda. Nadzorni odbor razmatra zahtjev za certificiranjem dobivenim od strane proizvođača, te ako ga ocijeni pozitivnim imenuje grupu za vrednovanje i nadzor i njezinog voditelja, to jest odgovorno tijelo (osobu) za provedbu radnji ispitivanja čelika za armiranje, odnosno za provedbu radnji nadzora tvorničke kontrole proizvodnje i za izdavanje dokumenta o provedbi tih radnji.

Grupa za vrednovanje i nadzor izrađuje plan aktivnosti koji sadrži opis postupka, opseg ispitivanja i nadzora, rokove, prava, obveze i troškove. Nakon usuglašavanja proizvođača sa planom i potpisivanjem ugovora pokreće se proces potvrđivanja sukladnosti čelika za armiranje.

2.3.2 Početni pregled proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje

Čelici za armiranje (zavarene mreže) u skladu s normom HRN EN 10080:2005 moraju se proizvesti uz sustav stalne tvorničke kontrole proizvodnje. Za provođenje pregleda i ispitivanja, te ocjenjivanja sustava upravljanja proizvodnjom i tvorničkom kontrolom proizvodnje odgovorna je grupa za vrednovanje i nadzor, odnosno njihov voditelj. Početni pregled proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje provodi se prema planu koji je prethodno predan proizvođaču. Proizvođač je obavezan prije samog pregleda osigurati dostupnost svim zapisima koji pokazuju učinkovitost sustava upravljanja kvalitetom.

Sustav tvorničke kontrole proizvodnje čelika za armiranje (zavarenih mreža) uključuje vrednovanje specificiranih svojstava prema normi HRN EN 10080. Ispitna skupina sastoji se od mreža s istom kombinacijom tehničkih razreda armature i promjera koje su proizvedene na istom stroju za zavarivanje i imaju najveću masu od 50 tona. Uzorci za provjeru svojstava moraju se uzeti u skladu s tablicom 2 [1].

Tablica 2. Plan uzorkovanja zavarenih mreža u skladu s normom HRN EN 10080

Svojstvo	Broj uzoraka po ispitnoj skupini
R_e – granica razvlačenja	≥ 2
R_m/R_e – omjer vlačne čvrstoće i granice razvlačenja	≥ 2
$R_{e,act}/R_{e,nom.}$ – omjer stvarne vrijednosti granice razvlačenja i specificirane vrijednosti granice razvlačenja	≥ 2
A_{gt} – ukupno istezanje pri najvećoj sili	≥ 2
Dimenzije	≥ 1
Posmična sila	≥ 2
Masa po metru	≥ 2
Savitljivost	≥ 2
Geometrijski oblik površine	≥ 2

Također moraju se izmjeriti sve specificirane dimenzije zavarene mreže (duljina, širina, osni razmak, prepust) [1].

Nakon provedenog početnog pregleda proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje grupa za vrednovanje i nadzor izdaje izvještaj o provedenom početnom nadzoru. Vrednovanje rezultata ispitivanja izvodi se za svako svojstvo zavarene mreže u skladu s normom HRN EN 10080. Da bi izvještaj bio pozitivan svako svojstvo mora biti u skladu sa specificiranim zahtjevima te norme.

2.3.3 Početno ispitivanje tipa proizvoda

Uzorci za ispitivanje uzimaju se kao slučajni uzorci iz proizvedenog materijala. Potrebno je obratiti pažnju kako bi se osiguralo da uzorci istinito održavaju svojstva materijala koji će se ispitati. Ispitivanje se provodi na punom poprečnom presjeku proizvoda. Proizvodi se moraju uzorkovati i ispitati sa svakog stroja. Normirana se svojstva provjeravaju uzorkovanjem i ispitivanjem proizvoda kako je definirano u tablicama 3 i 4 [1].

Tablica 3. Vrsta i broj ispitnih skupina u skladu s normom HRN EN 10080

Radnja	Promjer	Učestalost	
		Normirana svojstva ^a	Zamor ^b
Početno ispitivanje tipa	Gornji, srednji i donji raspon promjera	3 šarže (= ispitne skupine) po veličini	5 uzoraka za svaku uzorkovanu veličinu
Stalni nadzor	Jedna veličina (kombinacija promjera) (po potrebi)	3 šarže (= ispitne skupine) po veličini	5 uzoraka jednom godišnje
^a Za normirana svojstva ispitivanja se moraju provesti za značajke opisane u tablici 4.			
^b Ako se zahtijeva.			

Tablica 4. Broj ispitivanja normiranih svojstava zavarenih mreža u skladu s normom HRN EN 10080

Svojstvo	Šipke/namoti (žica) (broj ispitivanja po šarži)
Poprečni presjek (masa po metru)	4 = 2 uzdužno + 2 poprečno
R_e	4 = 2 uzdužno + 2 poprečno
R_m/R_e	4 = 2 uzdužno + 2 poprečno
$R_{e,act.}/R_{e,nom.}$ ^a	4 = 2 uzdužno + 2 poprečno
A_{gt}	4 = 2 uzdužno + 2 poprečno
Posmična sila zavara	3
Geometrijski oblik površine	4 = 2 uzdužno + 2 poprečno
Dimenzije zavarene mreže	1
^a Ako je potrebno.	

Obavezno je provesti statističko vrednovanje rezultata ispitivanja primjenom prikladnih postupaka. U slučaju kada normirna svojstva nisu u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 10080 proizvođač mora poduzeti prikladne mjere za ispravak opaženih nedostataka kako bi dobio odobrenje za proizvodnju prema toj normi.

Nakon završetka početnog ispitivanja tipa proizvoda grupa za vrednovanje i nadzor izdaje izvještaj o provedenom ispitivanju.

2.3.4 Ispitivanje slučajnih uzoraka iz proizvodnje

Ispitivanja se provode na uzorcima uzetim slučajnim odabirom iz svake proizvodne linije. Uzorci se odabiru tako da se u roku od 5 godina obuhvati najveći broj nazivnih veličina u rasponu proizvođačevog raspona veličina. Normirna se svojstva provjeravaju uzorkovanjem i ispitivanjem proizvoda kako je definirano u tablicama 3 i 4 [1].

Nakon završetka ispitivanja slučajnih uzoraka iz proizvodnje grupa za vrednovanje i nadzor izdaje izvještaj o ispitivanju zavarenih mreža.

2.3.5 Dodjela potvrde o sukladnosti (certifikata)

Nakon završetka postupka certifikacije, na temelju rezultata pregleda i ispitivanja, voditelj grupe za vrednovanje i nadzor sastavlja izvještaj o vrednovanju sukladnosti koji sadrži prijedlog o dodjeljivanju certifikata. Izvještaj obavezno sadrži ocjenu rezultata početnog pregleda proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje te ocjenu o ispitivanju zavarenih mreža.

Nadzorni odbor koji mora imati pristup cijeloj dokumentaciji postupka potvrđivanja sukladnosti, a na temelju prijedloga voditelja grupe za vrednovanje i nadzor i uvida u dokumentaciju donosi odluku o dodjeljivanju certifikata.

2.3.6 Stalni nadzor proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje

Zadatak stalnog nadzora proizvodnje i tvorničke kontrole proizvodnje provodi u pravilu voditelj grupe za vrednovanje i nadzor ili član grupe kojeg imenuje. Nadzor se provodi s učestalošću koju on smatra nužnom ali ne manje od dva puta godišnje. Svrha je stalnog nadzora potvrda da je sustav tvorničke kontrole proizvodnje stalno u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 10080. Stalni nadzor provodi se uzorkovanjem i ispitivanjem zavarenih mreža kako je definirano u tablicama 3 i 4 [1].

I kod stalnog nadzora proizvodnje mora se provesti statističko vrednovanje rezultata ispitivanja primjenom prikladnih postupaka. Ako rezultati normiranih svojstava pokažu da proizvodnja nije sukladna zahtjevima moraju se poduzeti odgovarajuće mjere, koje ovise o tipu i značenju opaženih nedostataka a smiju uključiti:

- pojačanu tvorničku kontrolu proizvodnje
- promjenu proizvodnih uvjeta
- povećanu učestalost nadzora

Rezultati provedenog nadzora dokumentiraju se i izrađuje se izvještaj o provedenom nadzoru, koji se dostavlja nositelju certifikata i nadzornom odboru.

3 STATISTIČKE METODE ZA OCJENJIVANJE PROCESA PROIZVODNJE

3.1 Vrednovanje rezultata ispitivanja u skladu s normom HRN EN 10080

Za ocjenjivanje procesa proizvodnje čelika za armiranje betona (zavarenih mreža) određenog proizvođača potrebno je provoditi statističko vrednovanje rezultata ispitivanja u skladu s normom HRN EN 10080. Kako bi proizvođač održao dugoročnu razinu kvalitete svojih proizvoda potrebno je rezultate ispitivanja svih ispitnih skupina kod neprekinute proizvodnje usporediti i statistički vrednovati za vrijednosti R_e , A_{gt} , R_m/R_e , $R_{e,act}/R_{e,nom}$ (ako je potrebno) uzimajući broj rezultata koji odgovara prethodnoj šestomjesečnoj proizvodnji ili posljednjih 200 rezultata (veći broj je mjerodavan).

Vrednovanje rezultata ispitivanja se provodi za svaki nazivni promjer. Za R_e , A_{gt} , R_m/R_e mora biti zadovoljen sljedeći zahtjev:

$$\bar{x} - ks \geq C_v$$

Za gornju granicu R_m/R_e i $R_{e,act}/R_{e,nom}$ mora biti zadovoljen sljedeći zahtjev, ako je potrebno:

$$\bar{x} + ks \leq C_v$$

gdje je:

\bar{x} srednja vrijednost rezultata ispitivanja

s procijenjena standardna devijacija skupa

k koeficijent naveden u tablici 5 za R_e i u tablici 6 za A_{gt} , R_m/R_e , $R_{e,act}/R_{e,nom}$

C_v specificirana karakteristična vrijednost

Tablica 5. R_e - koeficijent k kao funkcija broja (n) rezultata ispitivanja (za 5 %-tnu razinu pouzdanosti [$p=0,95$] uz vjerojatnost od 90%)

n	k	n	k
5	3,40	30	2,08
6	3,09	40	2,01
7	2,89	50	1,97
8	2,75	60	1,93
9	2,65	70	1,90
10	2,57	80	1,89
11	2,50	90	1,87
12	2,45	100	1,86
13	2,40	150	1,82
14	2,36	200	1,79
15	2,33	250	1,78
16	2,30	300	1,77
17	2,27	400	1,75
18	2,25	500	1,74
19	2,23	1000	1,71
20	2,21	∞	1,64

Tablica 6. A_{gt} , R_m/R_e i $R_{e,act.}/R_{e,nom}$ koeficijent k kao funkcija broja (n) rezultata ispitivanja (za 10 %-tnu razinu pouzdanosti [$p=0,90$] uz vjerojatnost od 90%)

n	k	n	k
5	2,74	30	1,66
6	2,49	40	1,60
7	2,33	50	1,56
8	2,22	60	1,53
9	2,13	70	1,51
10	2,07	80	1,49
11	2,01	90	1,48
12	1,97	100	1,47
13	1,93	150	1,43
14	1,90	200	1,41
15	1,87	250	1,40
16	1,84	300	1,39
17	1,82	400	1,37

18	1,80	500	1,36
19	1,78	1000	1,34
20	1,77	∞	1,282

3.1.1 Definicija koeficijenta k

Pretpostavlja se da do rezultata koji nisu u skladu s propisanim vrijednostima norme HRN EN 10080 dolazi zbog koeficijenta k navedenog u tablici 5 za R_e i u tablici 6 za A_{gt} , R_m/R_e , $R_{e,act}/R_{e,nom}$. Koeficijent k je u normi HRN EN 10080 naveden samo kao koeficijent koji ovisi o broju rezultata ispitivanja n , te su navedene njegove vrijednosti za određeni broj rezultata ispitivanja. S obzirom da u normi HRN EN 10080 nije definirano porijeklo ili izvor koeficijenta k , niti je navedena formula iz koje su dobivene vrijednosti koeficijenta k , na tome se temelji pretpostavka.

U istraživanju o porijeklu koeficijenta k pronađena je točna definicija i grafički primjer koji potvrđuje da je ta definicija valjana, te iz nje je moguće dobiti vrijednosti koeficijenta k koje se nalaze u tablicama 5 i 6.

Definicija koeficijenta k glasi:

$$k = G_{n-1, \delta(p)}^{-1}(1-\beta) / \sqrt{n}$$

gdje je G_{n-1}^{-1} inverzna kvantilna funkcija necentralne t-distribucije, a δ parametar necentralnosti koji glasi:

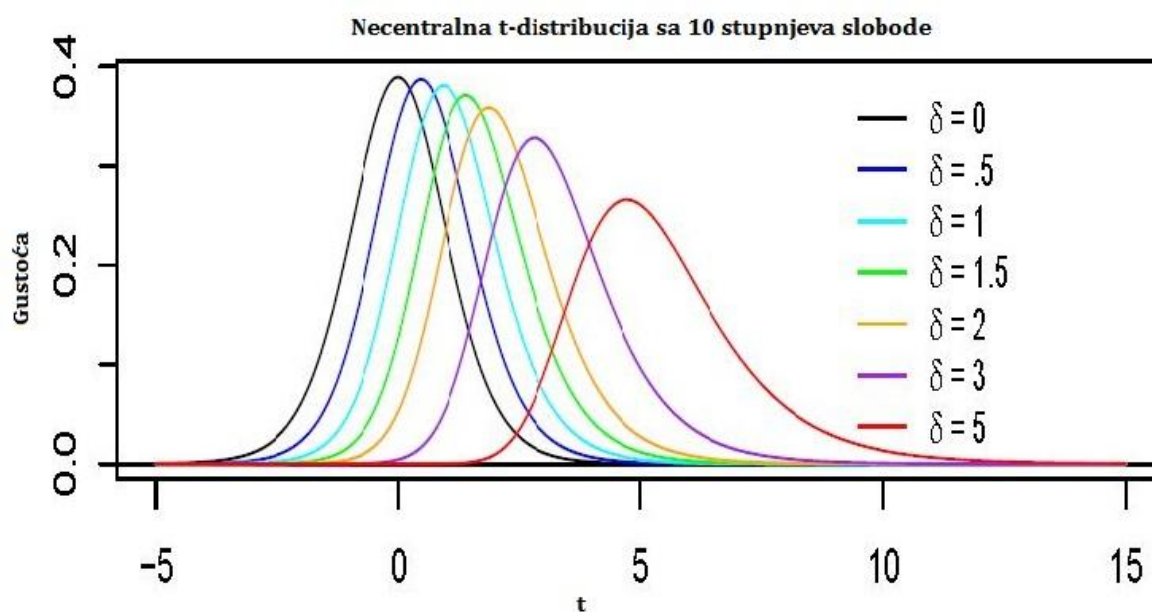
$$\delta = \delta(p) = -\sqrt{n} \Phi^{-1}(p) = \sqrt{n} z_p.$$

Ako je $\delta=0$, tada necentralna t-distribucija postaje općenita centralna ili Studentova t-distribucija.

Necentralna t-distribucija definirana je sa:

$$G_{f, \delta}(t) = P\left(\frac{Z + \delta}{\sqrt{V/f}} \leq t\right) = P(Z - t\sqrt{V/f} \leq -\delta)$$

gdje su Z i V standardne normalne i slučajne Hi-kvadrat (statistički) nezavisne varijable. Stupnjevi slobode gibanja f su usko povezani sa veličinom uzorka. Funkcija $G_{f, \delta}(t)$ raste od 0 do 1 dok t raste od $-\infty$ do $+\infty$, i pada od 1 do 0 dok δ raste od $-\infty$ do $+\infty$. Utjecaj parametra necentralnosti δ na necentralnu t-distribuciju vidljiv je na slici 3. Necentralna t-distribucija i koeficijent k koji je povezan s tom funkcijom koriste se kod uzorkovanja po varijablama, ali isključivo tamo gdje su uzorci distribuirani po normalnoj razdiobi[5].

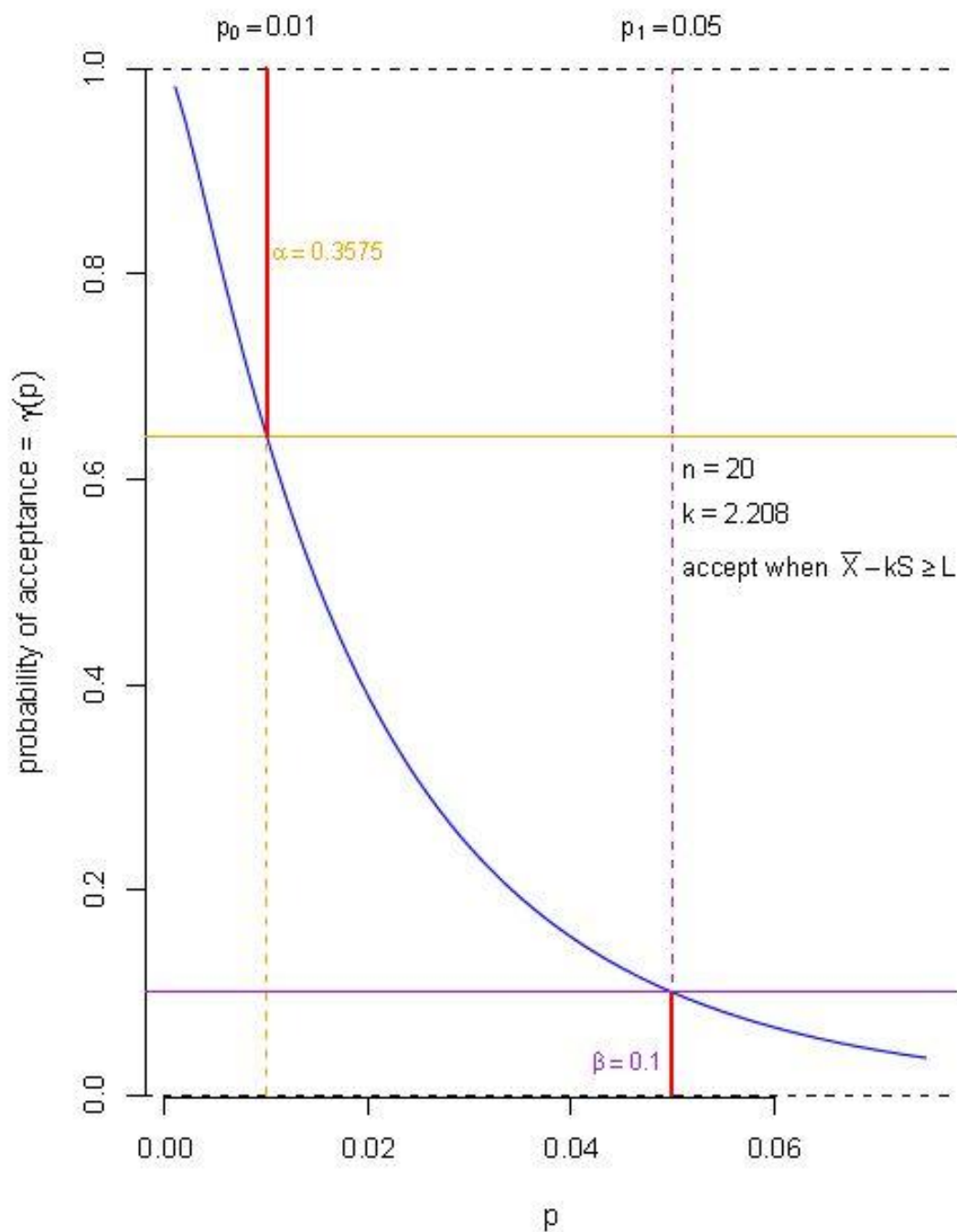


Slika 3. Utjecaj parametra necentralnosti δ na necentralnu t-distribuciju[5]

Vjerojatnost prihvatanja $\gamma(p)$ koja se opisuje pomoću operativne krivulje ili OC krivulje uzorkovanja po varijablama (slika 4.) povezana je s funkcijom $G_{n-1, \delta}(t)$ na sljedeći način:

$$\begin{aligned} \gamma(p) &= P_{\mu, \sigma}(\bar{X} - kS) \geq L = P_{\mu, \sigma} \left(\frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu)}{\sigma} + \frac{\sqrt{n}(\mu - L)}{\sigma} \geq k\sqrt{n} \frac{S}{\sigma} \right) \\ &= P_{\mu, \sigma} \left(\frac{Z + \delta}{\sqrt{V/n-1}} \geq k\sqrt{n} \right) = P(T_{n-1, \delta} \geq k\sqrt{n}) \end{aligned}$$

te prikazuje povezanost koeficijenta k sa vrijednostima u tablici 5 i 6.



Slika 4. OC krivulja uzorkovanja po varijablama[5]

Vrednovanje rezultata ispitivanja, osim u skladu s normom HRN EN 10080 provedeno je i sukladno normi ISO 3951-2.

3.2 Metode uzorkovanja za kontrolu po varijablama prema normi ISO 3951-2

Metode navedene u normi ISO 3951-2 koriste se za prihvatljivo uzorkovanje kod kontrole po varijablama. Primjenjuju se kod neprekidnih serija isporuka pojedinačnih proizvoda isporučenih od jednog proizvođača koji koristi jedan proizvodni proces, a ujedno ako postoji više proizvođača ili više proizvodnih procesa ove metode se primjenjuje odvojeno na svaki proizvodni proces svih proizvođača. Metode uzorkovanja za kontrolu po varijablama prema normi ISO 3951-2 osiguravaju da serije prihvatljive kvalitete imaju visoku vjerojatnost prihvatanja, te da je što veća vjerojatnost ne prihvatanja loših serija. Glavni pokazatelj za prihvatljivo uzorkovanje prema normi ISO 3951-2 je *AQL* tj. prihvatljiva razina kvalitete (Acceptance Quality Limit). *AQL* je najveći postotak nesukladnosti (škarta) koji se može prihvatiti kao zadovoljavajući prosjek procesa.

Standardna „s“ i višedimenzionalna „s“ metoda su metode prema normi ISO 3951-2 koje se koriste u izradi ovog diplomskog rada. Standardna „s“ i višedimenzionalna „s“ metoda su primjenjive tamo gdje je proizvodnja pod statističkom kontrolom i gdje se uzorci koji se ispituju, to jest određene karakteristike kvalitete tih uzoraka distribuiraju približno prema normalnoj raspodjeli.

3.2.1 Standardna „s“ metoda prema normi ISO 3951-2

Standardna „s“ metoda je metoda prihvatljivog uzorkovanja po varijablama kod koje se koristi standardno odstupanje uzorka s . Vrlo je slična metodi koju propisuje norma HRN EN 10080. Razlika je u koeficijentu k koji se koristi u obje metode, iako je i kod ove metode koeficijent k definiran iz necentralne t-distribucije kako je prethodno objašnjeno u odlomku 3.1.1. Kod standardne „s“ metode koeficijent k ovisi o prihvatljivoj razini kvalitete *AQL* i veličini uzorka n , te su zbog toga i vrijednosti koeficijenta k različite od vrijednosti koje propisuje norma HRN EN 10080.

Postupak za primjenu ove metode je sljedeći:

- a) Iz tablice 7. određuje se kodno slovo veličine uzorka prema razini kontrole (ako nije zadana izabire se razina kontrole II) i veličini serije.

Tablica 7. Kodno slovo veličine uzorka i razina kontrole prema normi ISO 3951-2

Veličina serije	Specijalna razina kontrole				Općenita razina kontrole		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 do 8	B	B	B	B	B	B	B
9 do 15	B	B	B	B	B	B	C
16 do 25	B	B	B	B	B	C	D
26 do 50	B	B	B	C	C	D	E
51 do 90	B	B	C	C	C	E	F
91 do 150	B	B	C	D	D	F	G
151 do 280	B	C	D	E	E	G	H
281 do 500	B	C	D	E	F	H	J
501 do 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 do 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 do 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 do 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 do 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 do 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 000 i više	D	E	H	K	N	Q	R

- b) Iz tablice 8. prema izabranom kodnom slovu i *AQL*-u dobiva se veličinu uzorka n , i koeficijent k za jednu granicu kvalitete (gornja ili donja) kod sustava normalne kontrole.

Tablica 8. Dobivanje koeficijenta k kod normalne razine kontrole

Kodno slovo	Velikina uzorka	AQL (u postotcima nesukladnosti)															
		0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
B	3	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
C	4	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
D	6	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
E	9	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F	13	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
G	18	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	25	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
J	35	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
K	50	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
L	70	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
M	95	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
N	125	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
P	160	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Q	200	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
R	250	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

c) Nasumice se uzima odabranu veličinu uzoraka n , mjeri se zadana karakteristiku x i izračunava se srednja vrijednost uzorka \bar{x} i procjena standardnog odstupanja procesa s . Ako je \bar{x} izvan granica kvalitete, serija se proglašava neprihvatljivom i bez izračunavanja standardnog odstupanja procesa s .

d) Zatim se izračunava statistika kvalitete Q prema formuli:

$$Q_U = \frac{U - \bar{x}}{s}, \quad \text{za gornju granicu specificirane vrijednosti ili}$$

$$Q_L = \frac{\bar{x} - L}{s}, \quad \text{za donju granicu specificirane vrijednosti}$$

ovisno kako je potrebno. Nakon izračunavanja statistike kvalitete (Q_U ili Q_L) uspoređuje se dobivena vrijednost sa koeficijentom k dobivenim iz tablice 8. za normalnu razinu kontrole. Ako je statistika kvalitete veća ili jednaka od koeficijenta k serija se prihvća, ako je manja serija se ne prihvća. Stoga ako je zadana gornja granica kvalitete U , serija se prihvća ako je $Q_U \geq k$ i ne prihvća ako je $Q_U < k$. Ako je zadana donja granica kvalitete L , serija se prihvća ako je $Q_L \geq k$ i ne prihvća ako je $Q_L < k$ [6].

Postupak izvođenja standardne „s“ metode pokazan je na primjeru iz norme ISO 3951-2 za zadanu gornju granicu kvalitete.

PRIMJER: Maksimalna temperatura operacije za određeni uređaj određena je sa 60°C. Proizvodnja je kontrolirana u seriji od 100 komada. Razina kontrole II, normalna kontrola sa $AQL=2,5\%$. Iz tablice 7. odabrano je kodno slovo veličine uzorka F, iz tablice 8. , vidi se da je tražena veličina uzorka 13 i da je tražena konstanta prihvatljivosti k jednaka 1,405. Pretpostavlja se da su izmjerene vrijednosti kako slijede:

53°C, 57°C, 49°C, 58°C, 59°C, 54°C, 58°C, 56°C, 50°C, 50°C, 55°C, 54°C, 57°C.

Potrebne informacije

Veličina uzorka : n

$$\text{Aritmetička sredina : } \bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

$$\text{Standardno odstupanje uzorka: } s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dobivene vrijednosti

13

54,6°C

3,3°C

Gornja granica specifikacije: U	60°C
Gornja kvaliteta statistike : $Q_u = (U - \bar{x}) / s$	1,636
Koeficijent prihvatljivosti : k	1,405
Kriterij prihvatljivosti: da li je $Q_u \geq k$?	Da, (1,636 > 1,405)
Serija tog uređaja odgovara kriteriju prihvatljivosti, i zbog toga je prihvatljiva.	

3.2.2 Višedimenzionalna „s“ metoda prema normi ISO 3951-2

Višedimenzionalna „s“ metoda je metoda koja se bavi procjenom klasa koje mogu sadržavati m nezavisnih karakteristika kvalitete, kao što je u našem slučaju gdje se traži procjena za R_e , A_{gt} , R_m/R_e , $R_{e,act}/R_{e,nom}$. Metodologija rada sa višedimenzionalnom „s“ metodom je kako slijedi:

- a) Procjena nesukladnosti dijela procesa za i -tu karakteristiku kvalitete se označava sa \hat{p}_i , procjena nesukladnosti dijela procesa za klasu dana je izrazom:

$$\hat{p} = 1 - (1 - \hat{p}_1)(1 - \hat{p}_2) \dots (1 - \hat{p}_m).$$

- b) Ako je zadana samo jedna klasa, recimo A klasa, tada se procjena nesukladnosti dijela procesa za klasu označava kao \hat{p}_A . Serija će biti prihvaćena ako je:

$$\hat{p}_A \leq p^*$$

p^* je konstanta prihvatljivosti oblika p^* dobivena iz tablice 9. za normalnu razinu kontrole, a prema kodnom slovu veličine uzorka dobivenom iz tablice 7. i prihvatljivom AQL-u za klasu.

Tablica 9. Dobivanje konstante prihvatljivosti p^* kod normalne razine kontrole

Kodno slovo	Velicina uzorka n_s	n_e	AQL (u postotcima nesukladnosti)															
			0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
			100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*	100 p^*
B	3	2																
C	4	3																
D	6	4																
E	9	6																
F	13	8																
G	18	10																
H	25	12																
J	35	15																
K	50	18																
L	70	21																
M	95	25																
N	125	32																
P	160	40																
Q	200	50																
R	250	65																

c) Ako postoji slučaj sa dvije ili više klasa, recimo klasa A, klasa B..... sa konstantama prihvatljivosti $\hat{p}_A, \hat{p}_B, \dots$ serija će biti prihvaćena isključivo ako je:

$$\hat{p}_A \leq p_A^* \text{ i } \hat{p}_B \leq p_B^*$$

Ako postoji više od jedne klase nesukladnosti, klasa A će sadržavati nesukladnosti najvećeg stupnja važnosti i općenito imati najniži AQL i stoga najnižu konstantu prihvatljivosti oblika p^* . Klasa B će sadržavati nesukladnosti sljedećeg stupnja važnosti, i imati veći AQL i vrijednost konstante prihvatljivosti p^* , i tako dalje.

Općenita i točna formula za procjenu nesukladnosti dijela procesa za i -tu karakteristiku kvalitete \hat{p}_i kod obje granice specifikacije za nepoznato standardno odstupanje procesa glasi:

$$\hat{p} = B_{(n-2)/2} \left[\frac{1}{2} \left(1 - Q \frac{\sqrt{n}}{n-1} \right) \right]$$

Zbog toga što je izračun za \hat{p}_i vrlo zahtjevan i zahtjeva korištenje tablica ili softwara sa beta simetričnom raspodjelom, proračun je pojednostavljen na način da zahtjeva samo korištenje tablica normalne raspodjele. Pojednostavljeni izračun za \hat{p}_i je vrlo točan za veličine uzorka veće od 4 i glasi:

a) Izračuna se $Q = (U - \bar{x})/s$ i/ili $Q = (\bar{x} - L)/s$

b) Izračuna se $x = \frac{1}{2} [1 - Q\sqrt{n}/(n-1)]$

c) Izračuna se $y = a_n \ln[x/(1-x)]$, gdje je a_n odabran iz tablice 10.

d) Izračuna se $w = y^2 - 3$

e) Ako je $w \geq 0$ izračuna se $t = \frac{12(n-1)y}{12(n-1)+w}$, ako nije onda se izračuna $t = \frac{12(n-2)y}{12(n-2)+w}$

te se potraži funkciju $\hat{p} = \Phi(t)$ u tablicama normalne raspodjele[6].

Tablica 10. Vrijednosti α_n za veličinu uzorka n

Veličina uzorka, n	α_n	Veličina uzorka, n	α_n	Veličina uzorka, n	α_n
6	0,880496	35	2,828887	160	6,265024
9	1,230248	50	3,428086	200	7,017865
13	1,583745	70	4,092828	250	7,858138
18	1,937919	95	4,795926		
25	2,346014	125	5,522742		

Postupak izvođenja višedimenzionalne „s“ metode pokazan je na primjeru iz norme ISO 3951-2 sa zadane dvije klase.

PRIMJER: Razmotra se proizvod koji ima pet neovisnih karakteristika kvalitete, x_1 , x_2 , x_3 , x_4 i x_5 , od kojih niti jedno standardno odstupanje procesa nije poznato. Kodno slovo veličine uzorka je H a veličina uzorka 25 kod normalne razine kontrole za svih pet karakteristika kvalitete. Pretpostavlja se da su uvjeti i rezultati sažeti u tablici 10.

Tablica 11. Primjer uvjeta i rezultata pet karakteristika kvalitete sa procesom nepoznatih standardnih odstupanja

Varijable	Granice	Tip kontrole	Klasa	Srednja vrijednost uzorka	Standardno odstupanje uzorka	Statistika kvalitete Q	$\frac{1-Q\sqrt{n}(n-1)}{2}$	\hat{p}
x_1	$U_1 = 70,0$	Jednostruka	A	$\bar{x}_1 = 68,5$	$s_1 = 0,50$	3,0000	0,1875	0,000418
x_2	$L_2 = 10,0$	Jednostruka	B	$\bar{x}_2 = 10,4$	$s_2 = 0,20$	2,0000	0,2917	0,019134
x_3	$U_3 = 4,050$ $L_3 = 3,950$	Kombinirana	A	$\bar{x}_3 = 4,005$	$s_3 = 0,015$	3,0000 3,6667	0,1875 0,1181	0,000418 0,000004 0,000422
x_4	$U_4 = 1,950$ $L_4 = 1,750$	Odvojena	B A	$\bar{x}_4 = 1,862$	$s_4 = 0,032$	2,7500 3,5000	0,2135 0,1354	0,001380 0,000018
x_5	$U_5 = 214$ $L_5 = 206$	Kompleksna tj. odvojena + kombinirana	A B	$\bar{x}_5 = 210$	$s_5 = 1,25$	3,2000 3,2000	0,1667 0,1667	0,000140 0,000140 0,000280

Također pretpostavlja se da je AQL za klasu A 0,25% i AQL za klasu B je 1,0%. Iz tablice 9. dobivene su odgovarajuće konstante prihvatljivosti oblika p^* koje su $p_A^* = 0,01012$ za klasu A i $p_B^* = 0,03010$ za klasu B.

Dio nesukladnosti za klasu A je izračunat kao i iznosi:

$$\begin{aligned}
 \hat{p}_A &= 1 - (1 - \hat{p}_1)(1 - \hat{p}_3)(1 - \hat{p}_{4,L})(1 - \hat{p}_{5,U}) \\
 &= 1 - (1 - 0,000418)(1 - 0,000422)(1 - 0,000018)(1 - 0,000140) \\
 &= 1 - 0,999582 \times 0,999578 \times 0,999982 \times 0,999860 \\
 &= 1 - 0,999002 \\
 &= 0,000998
 \end{aligned}$$

Dio nesukladnosti za klasu B je izračunat kao i iznosi:

$$\begin{aligned}
 \hat{p}_B &= 1 - (1 - \hat{p}_2)(1 - \hat{p}_{4,U})(1 - \hat{p}_5) \\
 &= 1 - (1 - 0,019134)(1 - 0,001380)(1 - 0,000280) \\
 &= 1 - 0,980866 \times 0,998620 \times 0,999720 \\
 &= 1 - 0,979238 \\
 &= 0,020762
 \end{aligned}$$

$\hat{p}_A < \hat{p}_A^*$ i $\hat{p}_B < \hat{p}_B^*$ te će iz tog razloga serija biti prihvaćena.

4 STATISTIČKA OBRADA NA STVARNIM PODACIMA REZULTATA ISPITIVANJA ODABRANOG PROIZVOĐAČA ČELIKA ZA ARMIRANJE BETONA

Od odabranog proizvođača čelika za armiranje betona dobiveni su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava čelika za armiranje betona, odnosno rezultati ispitivanja vlačnih svojstava zavarenih mreža. Dobiveni rezultati ispitivanja vlačnih svojstava (R_e , A_{gt} i R_m/R_e) zavarenih mreža prikazani su u tablicama 12 i 13 za dvije vrste čelika (B550A i B550B) nazivnog promjera 7,0 milimetara. Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava dobiveni su na veličini od 437 uzoraka za čelik B550A i na veličini od 168 uzoraka za čelik B550B. Na dobivenim podacima provest će se statistička obrada u skladu s metodom iz norme HRN EN 10080 i standardnom „s“ i višedimenzionalnom „s“ metodom iz norme ISO 3951-2.

Tablica 12. Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava zavarenih mreža na $n=437$ uzoraka nazivnog promjera $d=7$ mm vrste čelika B550A

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]	R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
588,7	634,6	1,08	3,1	581,4	627,1	1,08	3,3
614,1	650,3	1,06	3,7	590,6	630,3	1,07	2,7
598,1	637,2	1,07	2,6	577,5	626,2	1,08	3,9
579,6	625,6	1,08	2,8	581,5	628,8	1,08	3,6
586,0	633,8	1,08	4,6	601,7	641,6	1,07	3,1
588,4	626,8	1,07	4,0	579,7	627,8	1,08	3,1
582,9	624,1	1,07	4,1	580,8	625,3	1,08	2,6
604,2	651,6	1,08	3,5	580,8	630,9	1,09	3,3
610,4	653,7	1,07	3,8	578,3	625,4	1,08	3,2
595,0	649,9	1,09	3,3	568,2	614,6	1,08	3,6
618,7	666,0	1,08	2,7	565,2	617,1	1,09	2,7
594,0	643,3	1,08	3,3	589,1	631,6	1,07	3,7
604,9	644,8	1,07	3,7	573,9	625,8	1,09	3,0
580,6	621,4	1,07	4,4	595,4	635,7	1,07	3,8
621,9	667,0	1,07	3,6	594,0	633,6	1,07	3,5
616,6	660,2	1,07	3,5	627,3	667,3	1,06	2,6
583,5	626,7	1,07	4,4	584,9	627,7	1,07	3,8
584,8	626,1	1,07	4,1	613,2	653,0	1,07	2,6
627,8	658,4	1,05	2,7	616,5	657,8	1,07	2,6
609,6	644,4	1,06	3,7	608,0	644,2	1,06	2,8
589,0	636,4	1,08	3,8	607,6	649,7	1,07	2,7
595,9	645,9	1,08	3,6	653,4	693,6	1,06	2,6
584,0	626,2	1,07	4,2	616,5	653,8	1,06	2,9
582,9	628,3	1,08	4,1	630,3	671,3	1,07	2,6
618,7	667,9	1,08	3,0	630,9	669,4	1,06	2,7
707,3	774,2	1,09	2,7	629,3	666,1	1,06	2,8
618,5	670,2	1,08	3,8	628,4	669,6	1,07	3,0
613,4	660,2	1,08	3,3	610,0	654,4	1,07	2,9
727,6	774,0	1,06	2,9	623,8	658,4	1,06	2,7
584,1	621,8	1,06	3,8	628,2	663,9	1,06	2,8
583,7	625,9	1,07	3,8	651,4	689,0	1,06	2,6
574,2	622,6	1,08	3,6	637,7	673,1	1,06	2,6
586,0	628,3	1,07	3,5	622,5	657,5	1,06	2,6
577,2	621,8	1,08	2,5	614,7	656,4	1,07	2,8
577,9	624,2	1,08	3,0	624,3	662,2	1,06	2,7
582,7	623,1	1,07	3,9	590,4	631,1	1,07	3,9
584,5	622,1	1,06	4,7	607,0	662,3	1,09	2,7
584,6	626,0	1,07	3,3	585,1	627,1	1,07	3,8
593,7	633,3	1,07	3,3	599,0	637,2	1,06	3,9
588,4	631,4	1,07	3,3	623,9	665,8	1,07	2,6
586,3	624,7	1,07	2,9	595,6	649,1	1,09	3,9
591,7	633,4	1,07	4,0	592,3	633,2	1,07	3,1
587,9	627,9	1,07	4,0	579,1	627,1	1,08	3,3
580,2	627,3	1,08	4,2	603,0	644,3	1,07	3,4
588,9	634,2	1,08	3,9	615,0	653,6	1,06	3,0
583,5	628,9	1,08	4,1	595,1	632,1	1,06	3,1
587,2	625,0	1,06	3,5	569,5	630,2	1,11	2,6

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
611,9	654,7	1,07	4,0
601,8	643,1	1,07	3,5
604,2	644,1	1,07	3,6
610,3	661,6	1,08	3,4
609,2	649,4	1,07	3,2
605,6	642,0	1,06	2,9
630,3	669,6	1,06	3,5
633,8	676,8	1,07	4,2
646,5	687,5	1,06	2,9
643,1	692,3	1,08	3,0
588,6	630,7	1,07	3,7
588,8	626,5	1,06	3,3
587,8	632,7	1,08	4,0
579,7	630,0	1,09	3,7
582,2	627,0	1,08	2,9
585,9	635,3	1,08	3,0
575,4	649,4	1,13	2,7
607,6	654,4	1,08	2,6
590,1	626,3	1,06	3,6
594,9	641,5	1,08	2,6
637,1	685,8	1,08	2,7
643,9	686,5	1,07	2,6
650,4	688,2	1,06	2,7
644,6	681,8	1,06	2,6
639,8	685,1	1,07	2,6
623,4	668,8	1,07	2,6
653,4	700,3	1,07	3,4
616,4	659,0	1,07	2,6
588,4	645,1	1,10	3,1
607,7	665,4	1,10	3,6
585,1	620,7	1,06	2,6
604,7	648,2	1,07	3,2
648,8	697,9	1,08	2,6
629,5	671,1	1,07	2,7
605,1	656,9	1,09	2,8
552,5	622,5	1,13	2,6
616,1	661,1	1,07	3,1
634,6	677,3	1,07	2,6
606,9	645,2	1,06	2,6
609,3	658,2	1,08	2,7
619,7	660,5	1,07	2,8
640,4	676,1	1,06	3,0
623,1	664,4	1,07	2,7
633,8	677,5	1,07	2,7
602,4	661,0	1,10	2,8
643,4	687,6	1,07	3,0
650,2	696,2	1,07	2,9
650,3	692,8	1,07	2,7
642,4	682,2	1,06	2,8
636,1	688,6	1,08	2,6

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
649,4	687,1	1,06	3,0
619,3	654,8	1,06	2,6
622,1	665,8	1,07	2,7
648,0	687,1	1,06	2,6
616,6	656,7	1,07	2,7
657,6	695,5	1,06	2,6
619,0	679,1	1,10	2,9
593,8	641,7	1,08	2,7
617,0	668,3	1,08	2,8
611,8	651,1	1,06	2,6
656,4	693,2	1,06	2,7
640,9	686,8	1,07	3,0
644,7	681,4	1,06	2,6
625,3	663,4	1,06	2,7
611,7	657,5	1,07	2,8
604,5	649,6	1,07	2,7
622,9	675,8	1,08	2,6
647,5	684,8	1,06	2,8
585,0	635,1	1,09	3,6
583,5	631,2	1,08	3,6
585,5	632,0	1,08	2,9
591,2	629,8	1,07	3,8
573,3	626,3	1,09	4,1
588,3	634,0	1,08	4,0
616,7	659,9	1,07	2,7
617,8	655,9	1,06	2,8
579,3	656,0	1,13	2,7
572,4	641,0	1,12	2,6
585,2	650,6	1,11	4,3
597,0	658,5	1,10	3,7
623,8	666,1	1,07	2,8
624,0	658,8	1,06	2,6
589,8	632,1	1,07	2,8
607,7	653,1	1,07	2,7
617,1	658,2	1,07	3,0
611,4	654,3	1,07	3,5
627,0	670,2	1,07	3,1
631,6	678,6	1,07	3,9
623,8	660,8	1,06	2,6
621,3	666,2	1,07	3,3
626,1	661,8	1,06	3,2
626,5	665,7	1,06	3,8
560,4	635,6	1,13	3,1
584,1	657,1	1,12	4,1
563,3	634,2	1,13	2,7
608,8	654,0	1,07	4,0
634,0	672,9	1,06	3,7
602,9	647,2	1,07	4,0
610,2	650,4	1,07	3,9
611,8	650,4	1,06	3,1

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
614,2	657,8	1,07	4,4
643,3	681,3	1,06	3,7
642,2	684,4	1,07	3,6
652,1	688,5	1,06	3,7
647,9	684,0	1,06	2,9
649,3	686,6	1,06	3,5
642,9	687,0	1,07	2,7
634,1	678,5	1,07	3,5
630,0	668,5	1,06	2,6
648,2	686,4	1,06	3,5
623,2	661,7	1,06	3,3
628,1	664,1	1,06	2,6
604,7	643,3	1,06	2,8
627,7	662,4	1,06	2,8
658,7	702,7	1,07	3,6
619,9	655,8	1,06	2,7
635,0	673,6	1,06	3,2
614,8	657,4	1,07	3,2
614,1	653,2	1,06	2,8
621,5	662,0	1,07	3,1
651,6	689,0	1,06	4,0
654,4	693,2	1,06	3,7
590,4	633,7	1,07	3,3
637,0	681,7	1,07	3,4
637,4	678,4	1,06	3,9
630,8	673,4	1,07	3,0
650,9	689,1	1,06	3,6
642,6	681,2	1,06	2,7
627,8	676,1	1,08	3,3
628,8	664,9	1,06	2,6
631,7	671,6	1,06	2,8
623,7	666,3	1,07	3,0
650,7	691,6	1,06	2,8
655,0	699,2	1,07	3,1
641,8	680,0	1,06	3,9
645,9	681,8	1,06	3,8
637,6	683,0	1,07	2,6
646,0	684,4	1,06	3,3
630,0	670,1	1,06	2,8
615,8	662,1	1,08	2,7
627,4	675,1	1,08	2,6
672,9	712,8	1,06	3,0
645,8	687,4	1,06	3,0
606,4	650,7	1,07	3,5
645,6	684,2	1,06	2,9
632,0	673,9	1,07	2,6
649,1	687,8	1,06	3,2
649,7	690,4	1,06	2,7
657,3	705,2	1,07	3,1
639,9	681,1	1,06	2,8

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
628,4	674,3	1,07	2,9
651,2	692,0	1,06	3,1
602,9	651,6	1,08	2,9
605,0	647,8	1,07	2,8
598,8	650,2	1,09	2,7
607,2	645,5	1,06	2,6
616,7	657,7	1,07	2,9
626,0	661,6	1,06	2,9
608,6	652,8	1,07	2,8
618,5	656,1	1,06	2,7
609,7	645,3	1,06	2,6
573,7	633,1	1,10	2,6
604,3	658,9	1,09	2,6
612,8	677,0	1,10	2,7
600,5	662,6	1,10	2,6
607,7	676,1	1,11	2,6
597,5	663,0	1,11	2,6
637,6	705,5	1,11	2,5
611,2	685,0	1,12	2,6
639,7	672,7	1,05	2,6
591,6	655,5	1,11	2,6
590,2	658,7	1,12	2,6
620,6	688,9	1,11	2,6
579,3	649,8	1,12	2,6
601,1	661,7	1,10	2,6
599,8	661,7	1,10	2,7
619,7	683,9	1,10	2,6
566,5	626,7	1,11	2,6
589,9	652,9	1,11	2,6
602,6	658,8	1,09	2,6
595,3	657,8	1,11	2,6
617,9	674,7	1,09	2,6
615,7	670,8	1,09	2,5
613,6	681,9	1,11	2,9
612,8	663,2	1,08	2,6
619,4	679,9	1,10	2,6
582,5	644,2	1,11	2,6
603,0	670,0	1,11	2,6
619,0	666,7	1,08	2,6
611,5	687,8	1,12	2,6
622,7	681,6	1,09	2,6
584,3	629,8	1,08	4,2
590,4	633,5	1,07	4,8
585,7	623,2	1,06	3,1
608,5	643,9	1,06	3,4
584,6	624,3	1,07	3,1
571,7	632,3	1,11	4,6
597,4	633,1	1,06	4,1
568,9	623,3	1,10	4,5
572,8	631,4	1,10	3,7

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
609,8	677,9	1,11	2,5
614,4	668,1	1,09	2,6
633,1	670,5	1,06	2,6
582,0	622,1	1,07	3,0
588,8	636,4	1,08	3,7
606,0	668,6	1,10	2,6
574,6	663,1	1,15	2,7
583,8	644,1	1,10	2,6
639,4	678,4	1,06	2,6
627,1	666,7	1,06	2,6
618,4	672,1	1,09	2,6
576,0	646,6	1,12	2,9
571,0	623,6	1,09	3,6
620,7	687,6	1,11	2,6
567,9	630,6	1,11	2,8
590,8	642,8	1,09	2,7
613,5	676,7	1,10	2,9
579,8	631,3	1,09	2,6
599,1	666,0	1,11	2,6
592,8	657,1	1,11	2,7
596,6	631,1	1,06	3,3
591,3	632,7	1,07	3,9
601,1	635,5	1,06	2,6
594,7	630,6	1,06	3,7
576,9	617,6	1,07	3,3
596,2	629,9	1,06	3,9
595,5	638,2	1,07	4,0
597,9	634,9	1,06	3,9
598,3	633,8	1,06	3,6
589,7	628,1	1,07	3,0
598,8	637,6	1,06	3,7
596,2	635,9	1,07	3,0
613,7	648,1	1,06	2,7
604,2	641,9	1,06	3,1
596,6	636,5	1,07	2,6
590,4	631,7	1,07	3,3
638,8	677,6	1,06	3,4
585,4	630,8	1,08	3,4
591,2	634,4	1,07	2,7
588,0	631,2	1,07	3,6
584,8	627,7	1,07	3,1
641,8	681,5	1,06	2,7
645,5	682,4	1,06	3,4
628,2	670,2	1,07	3,0
622,7	669,6	1,08	3,1
642,7	682,7	1,06	2,6
623,9	673,0	1,08	2,7
586,3	627,2	1,07	3,6
590,4	635,3	1,08	3,7
660,7	697,4	1,06	2,9

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
610,7	647,8	1,06	2,6
593,9	632,5	1,07	3,0
608,5	646,1	1,06	3,0
590,4	628,0	1,06	3,3
583,4	628,2	1,08	3,6
588,3	631,8	1,07	2,9
582,7	631,7	1,08	4,4
603,2	644,9	1,07	2,7
594,4	636,0	1,07	3,1
597,6	643,5	1,08	3,7
602,7	640,0	1,06	2,6
586,4	630,7	1,08	3,0
595,3	643,2	1,08	3,6
585,3	627,7	1,07	3,4
596,8	631,6	1,06	3,3
597,1	634,9	1,06	2,9
623,6	660,1	1,06	2,6
608,0	649,6	1,07	2,7
592,4	631,6	1,07	2,9
593,6	633,8	1,07	3,3
640,6	680,5	1,06	2,7
628,7	669,2	1,06	2,9
595,8	631,1	1,06	2,6
597,2	634,7	1,06	2,9
669,2	709,5	1,06	2,7
634,4	672,0	1,06	3,4
616,5	660,9	1,07	2,7
590,6	630,2	1,07	3,3
594,8	629,2	1,06	2,6
616,6	653,2	1,06	3,1
624,3	663,5	1,06	2,9
599,6	637,1	1,06	2,9
602,9	640,7	1,06	3,7
601,9	646,2	1,07	3,4
603,3	643,9	1,07	3,6
594,6	632,0	1,06	3,1
669,0	713,4	1,07	2,6
639,1	680,3	1,06	2,6
627,3	670,3	1,07	3,1
620,6	659,3	1,06	2,7
588,4	629,9	1,07	3,7
605,4	645,6	1,07	3,7
602,2	644,6	1,07	3,6
598,0	640,6	1,07	3,4
593,3	630,1	1,06	3,3
624,2	662,0	1,06	2,9
634,9	681,3	1,07	3,0
641,3	687,2	1,07	3,1
599,3	633,3	1,06	3,1
635,1	670,4	1,06	3,0

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
595,7	631,6	1,06	3,3
604,7	647,4	1,07	3,0
602,9	639,7	1,06	3,4
630,8	674,7	1,07	3,0
637,0	685,4	1,08	3,3
634,3	671,9	1,06	3,0
647,7	684,2	1,06	3,4
635,7	679,2	1,07	4,0
623,8	663,9	1,06	2,6
625,9	671,2	1,07	2,7
596,0	632,0	1,06	3,0
628,0	672,3	1,07	2,7
595,9	630,6	1,06	3,1
587,6	640,1	1,09	3,9
595,3	633,4	1,06	2,7
597,7	646,8	1,08	3,6
586,9	629,9	1,07	3,9
589,8	626,9	1,06	2,7
595,6	632,8	1,06	2,7
585,7	627,3	1,07	3,0
596,6	630,4	1,06	2,7
609,0	648,5	1,06	3,3
595,0	631,9	1,06	2,7
593,0	625,9	1,06	2,7
595,4	630,3	1,06	2,6
580,6	627,1	1,08	3,3
597,2	640,4	1,07	3,7
593,3	631,6	1,06	3,3
590,1	631,1	1,07	2,9
589,1	628,7	1,07	3,4
591,0	630,7	1,07	3,4
589,4	626,9	1,06	2,9
591,4	630,0	1,07	3,6
599,5	636,7	1,06	3,0
586,9	628,5	1,07	3,1
614,5	659,2	1,07	3,3
606,0	644,6	1,06	2,9
605,3	645,3	1,07	3,6
598,7	634,5	1,06	2,9
603,3	636,9	1,06	3,4
598,6	635,1	1,06	3,1
590,1	629,2	1,07	4,3
609,8	641,6	1,05	3,3

Tablica 13. Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava zavarenih mreža na $n=168$ uzoraka nazivnog promjera $d=7$ mm vrste čelika B550B

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]	R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
587,8	663,2	1,13	4,7	567,1	656,1	1,16	5,1
584,3	664,0	1,14	4,7	579,4	663,3	1,14	4,8
563,1	632,5	1,12	5,2	562,4	637,0	1,13	4,5
562,2	638,8	1,14	5,1	585,1	667,1	1,14	4,2
594,8	673,6	1,13	4,9	596,7	670,7	1,12	4,0
585,0	667,9	1,14	4,7	569,6	643,0	1,13	4,5
584,5	667,3	1,14	4,8	571,6	635,4	1,11	4,7
594,1	669,9	1,13	4,1	581,3	652,0	1,12	4,6
565,0	634,9	1,12	4,7	586,8	654,9	1,12	4,4
552,3	629,3	1,14	5,1	586,1	652,5	1,11	4,3
555,4	623,4	1,12	4,6	583,6	653,6	1,12	4,1
554,8	627,1	1,13	4,9	588,4	656,7	1,12	4,1
572,4	645,3	1,13	3,9	587,3	662,9	1,13	4,3
566,1	644,7	1,14	4,4	562,8	637,6	1,13	5,4
558,3	626,7	1,12	4,3	559,8	632,5	1,13	5,1
562,5	624,3	1,11	3,3	565,8	636,4	1,12	4,7
565,3	643,3	1,14	4,4	568,6	635,8	1,12	4,6
580,7	649,0	1,12	3,7	590,2	666,7	1,13	4,3
594,6	672,9	1,13	4,6	586,3	659,6	1,13	4,9
602,9	684,9	1,14	4,7	581,1	658,6	1,13	4,1
594,8	669,2	1,13	4,4	564,7	656,3	1,16	4,9
585,2	665,4	1,14	4,9	564,3	630,3	1,12	4,9
589,1	662,6	1,12	4,4	562,0	631,4	1,12	4,7
577,8	656,8	1,14	5,0	607,6	683,2	1,12	4,7
562,8	637,7	1,13	4,9	618,1	688,4	1,11	4,1
567,2	645,2	1,14	4,4	565,4	634,8	1,12	4,9
582,6	666,4	1,14	5,3	591,5	673,5	1,14	5,1
580,9	660,8	1,14	4,9	569,3	652,3	1,15	4,9
603,8	678,7	1,12	5,3	565,1	652,3	1,15	5,4
594,0	674,6	1,14	4,9	586,1	671,7	1,15	5,7
589,4	674,4	1,14	4,6	560,7	628,4	1,12	4,7
591,9	676,2	1,14	5,1	560,6	633,4	1,13	4,7
605,1	689,3	1,14	4,3	565,3	637,2	1,13	4,2
610,4	693,0	1,14	4,4	562,1	636,6	1,13	5,2
609,8	684,7	1,12	4,6	571,1	642,1	1,12	4,2
609,6	686,3	1,13	4,9	564,1	641,0	1,14	5,5
594,0	676,4	1,14	4,4	561,1	631,1	1,12	4,7
605,5	684,6	1,13	4,4	563,8	637,9	1,13	4,7
574,8	652,4	1,13	4,6	561,1	631,8	1,13	6,2
561,0	643,9	1,15	5,0	560,6	638,4	1,14	5,5
589,9	669,3	1,13	4,7	586,3	654,5	1,12	4,3
573,9	654,3	1,14	4,9	573,0	649,0	1,13	5,0
595,0	677,4	1,14	5,0	564,8	634,7	1,12	4,8
584,5	670,4	1,15	5,1	577,7	660,7	1,14	4,2
568,7	648,9	1,14	5,1	573,1	658,1	1,15	4,5
563,2	642,4	1,14	5,0	566,8	654,9	1,16	4,6
575,3	661,6	1,15	5,0	604,6	689,8	1,14	4,4

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
565,6	640,6	1,13	4,7
561,9	637,6	1,13	4,6
561,0	644,0	1,15	4,4
563,8	647,8	1,15	4,5
561,5	635,8	1,13	4,3
606,0	675,8	1,12	4,1
570,2	650,5	1,14	4,3
575,7	650,7	1,13	4,1
589,0	662,8	1,13	4,1
574,1	660,3	1,15	4,2
580,7	654,8	1,13	4,0
582,8	663,7	1,14	4,5
569,4	645,1	1,13	4,1
563,2	629,1	1,12	4,4
570,5	645,9	1,13	4,6
577,4	654,2	1,13	4,2
573,5	649,5	1,13	4,2
578,9	651,4	1,13	4,1
570,6	662,2	1,16	5,5
580,7	667,6	1,15	4,4
579,7	644,8	1,11	4,5
564,9	648,3	1,15	5,0
598,3	675,8	1,13	4,2
569,7	643,5	1,13	4,7
560,2	654,7	1,17	4,9
561,1	656,1	1,17	5,2
571,2	674,9	1,18	4,5
569,1	680,6	1,20	4,7
562,4	654,6	1,16	4,7
577,7	652,7	1,13	4,5
561,9	638,2	1,14	4,6
587,6	679,7	1,16	4,4
573,3	643,8	1,12	5,3
563,6	648,4	1,15	4,3
560,4	647,7	1,16	4,1
570,0	653,8	1,15	4,4
561,9	653,1	1,16	4,7

R_e [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	R_m/R_e	A_{gt} [%]
561,2	643,2	1,15	4,4
562,2	643,4	1,14	5,1
582,5	659,9	1,13	4,1
563,1	662,8	1,18	4,2
567,5	665,3	1,17	5,5
562,4	641,9	1,14	4,4
560,8	641,2	1,14	5,5
578,6	691,9	1,20	6,2
567,4	662,1	1,17	5,7
580,8	671,0	1,16	5,1
575,4	653,6	1,14	4,3
562,5	631,7	1,12	5,1
577,0	624,4	1,08	5,2
591,5	670,9	1,13	5,0
564,3	666,2	1,18	5,2
560,6	669,0	1,19	5,6
563,1	667,5	1,19	4,9
561,3	659,5	1,18	4,8
590,0	666,0	1,13	5,2
589,4	679,5	1,15	4,0
600,6	687,3	1,14	5,7
586,9	666,6	1,14	4,7
582,4	672,9	1,16	5,6
560,4	652,2	1,16	6,1
562,9	638,9	1,13	5,4
587,7	679,8	1,16	6,0
600,8	692,6	1,15	5,1
586,2	660,3	1,13	4,7
573,1	663,4	1,16	5,6
597,9	679,8	1,14	5,1
610,2	689,4	1,13	4,7
586,4	664,5	1,13	5,3
576,6	655,9	1,14	4,6
599,2	679,1	1,13	5,4
593,4	682,9	1,15	5,0
574,1	650,8	1,13	4,7
572,8	667,0	1,16	5,6

Uzorci na kojima su provedena ispitivanja vlačnih svojstava (R_e , A_{gt} i R_m/R_e) dobiveni su slučajnim odabirom iz šestomjesečne proizvodnje odabranog proizvođača. Specificirane vrijednosti vlačnih svojstava (R_e , A_{gt} , R_m/R_e i po potrebi $R_{e,act}/R_{e,nom}$) moraju odgovarati specificiranim vrijednostima uz vjerojatnost $p=0,95$ za R_e i $p=0,90$ za A_{gt} , R_m/R_e i $R_{e,act}/R_{e,nom}$ iz tablice 14, a u skladu s normom HRN 1130-4 koja utvrđuje tehničke uvjete isporuke (mehanička svojstva, geometrijska svojstva i vrednovanje sukladnosti) za zavarljivi čelik za armiranje triju razreda A, B i C koji se za armiranje betonskih konstrukcija upotrebljava u obliku zavarenih mreža[7].

Tablica 14. Svojstva zavarenih mreža

Oblik proizvođača	Razred A	Razred B	Razred C
Vrsta čelika	B500A (B550A)	B500B (B550B)	B450C (B500C)
Nazivni promjer d (mm)	4 do 16	4 do 16	4 do 16
Granica razvlačenja R_e (N/mm ²)	500 (550)	500 (550)	450 (500)
Omjer R_m/R_e	1,05 ^a	1,08	$\geq 1,15$
	-	-	$\leq 1,35$
Ukupno istezanje pri najvećoj sili A_{gt} (%)	2,5 ^b	5,0	7,5
^a $R_m/R_e = 1,03$ za $5,0 \leq d \leq 5,5$ mm			
^b $A_{gt} = 2$ % za $5,0 \leq d \leq 5,5$ mm			

4.1 Statistička obrada na stvarnim podacima rezultata ispitivanja prema metodi iz norme HRN EN 10080

Na dobivenim rezultatima ispitivanja vlačnih svojstava zavarenih mreža provedena je statistička obrada u skladu s normom HRN EN 10080 za nazivni promjer 7 mm kod dvije vrste čelika B550A i B550B. Vrednovanje rezultata za R_e , A_{gt} , R_m/R_e se provodi prema zahtjevu $\bar{x} - ks \geq C_v$, čije je objašnjenje prethodno izneseno u odlomku 3.1.

Srednju vrijednost \bar{x} za pojedine rezultate ispitivanja računa se prema izrazu:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

Procjenjeno standardno odstupanje uzorka s računa se prema izrazu:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

U tablici 15 prikazane su izračunate vrijednosti standardnog odstupanja s i srednje vrijednosti uzorka \bar{x} za pojedino vlačno svojstvo zavarenih mreža. Također u tablici 15 nalazi se i koeficijent k izabran prema broju uzoraka iz tablice 5 za R_e kod vjerojatnosti $p=0,95$ i iz tablice 6 za A_{gt} , R_m/R_e kod vjerojatnosti $p=0,90$.

Tablica 15. Statistička obrada dobivenih rezultata u skladu s normom HRN EN 10080

Promjer [mm]	Broj uzoraka n	Vlačna svojstva	\bar{x}	s	k	C_v	$\bar{x} - ks$	$\bar{x} - ks \geq C_v$
7,00 B550A	437	R_e [N/mm ²]	609,64	24,15	1,75	550	567,4	Da
		R_m [N/mm ²]	654,2	23,5	1,37	/	/	/
		R_m/R_e	1,0734	0,0163	1,37	1,05	1,051	Da
		A_{gt} [%]	3,1212	0,5087	1,37	2,5	2,42	Ne
7,00 B550B	168	R_e [N/mm ²]	576,8	14,5	1,82	550	550,4	Da
		R_m [N/mm ²]	656,6	17,1	1,43	/	/	/
		R_m/R_e	1,1382	0,0172	1,43	1,08	1,11	Da
		A_{gt} [%]	4,7396	0,4928	1,43	5,0	4,03	Ne

Iz dobivenih rezultata statističke obrade metodom prema normi HRN EN 10080 vidljivo je da dobivene vrijednosti za ukupno istezanje pri najvećoj sili A_{gt} su manje od karakterističnih vrijednosti iz tablice 14 za to vlačno svojstvo. Zbog toga se zaključuje da navedene zavarene mreže promjera 7 mm kod oba razreda čelika B550A i B550B nisu zadovoljavajuće jer nisu u skladu s specifikacijama prikazanim u tablici 14.

4.2 Statistička obrada na stvarnim podacima rezultata ispitivanja standardnom „s“ metodom

U ovom dijelu diplomskog rada provodi se statistička obrada na dobivenim rezultatima vlačnih svojstava zavarenih mreža standardnom „s“ metodom za nazivni promjer 7 mm kod dvije vrste čelika B550A i B550B. S obzirom da iz dobivenih podataka od strane odabranog proizvođača nije poznata veličina serije iz koje su dobiveni ti rezultati, pretpostavlja se na temelju iskustva da se ta veličina serije kreće između 1000 i 35 000 komada zavarenih mreža ostvarenih u šestomjesečnoj proizvodnji odabranog proizvođača. Iz tog razloga iz tablice 7 odabiru se kodna slova K, L, M za II. razinu kontrole koja se uzima kada drugačije nije određeno. U prethodno obrađenoj metodi iz norme HRN EN 10080 određene su dvije vjerojatnosti za pojedina vlačna svojstva. Tako će se za granicu razvlačenja R_e koristiti AQL od 6,5 %, a za A_{gt} i R_m/R_e AQL od 10%.

U tablici 16 prikazane su izračunate vrijednosti standardnog odstupanja s i srednje vrijednosti uzorka \bar{x} za pojedino vlačno svojstvo zavarenih mreža. Također u tablici 16 nalazi se i koeficijent k izabran prema broju uzoraka n i AQL-u iz tablice 8 za R_e , A_{gt} i R_m/R_e .

Tablica 16. Statistička obrada dobivenih rezultata standardnom „s” metodom

Promjer [mm]	Vlačna svojstva	Kodno slovo	\bar{x}	s	L	AQL [%]	k	$Q_L = \frac{\bar{x} - L}{s}$	$Q_L \geq k$
7,00 B550A	R_e [N/mm ²]	K (n=50)	597,98	28,29	550	6,5	1,193	1,696	da
		L (n=70)	599,25	26,70			1,238	1,844	da
		M(n=95)	601,19	25,72			1,238	1,990	da
	R_m [N/mm ²]	K (n=50)	641,89	30,74	/	/	/	/	/
		L (n=70)	642,81	27,59					
		M(n=95)	644,41	25,86					
	R_m/R_e	K (n=50)	1,0734	0,0087	1,05	10	0,947	2,689	da
		L (n=70)	1,0728	0,0091				2,505	da
		M n=95)	1,0721	0,0102				2,166	da
	A_{gt} [%]	K (n=50)	3,5643	0,5421	2,5	10	0,947	1,963	da
		L (n=70)	3,3850	0,5631				1,571	da
		M(n=95)	3,3271	0,5645				1,465	da
7,00 B550B	R_e [N/mm ²]	K (n=50)	580,71	16,27	550	6,5	1,193	1,887	da
		L (n=70)	580,39	15,74			1,238	1,930	da
		M(n=95)	578,14	15,51			1,238	1,814	da
	R_m [N/mm ²]	K (n=50)	658,84	18,87	/	/	/	/	/
		L (n=70)	656,91	18,17					
		M(n=95)	654,66	18,09					
	R_m/R_e	K (n=50)	1,1346	0,0089	1,08	10	0,947	6,134	da
		L (n=70)	1,1319	0,0105				4,942	da
		M(n=95)	1,1324	0,0106				4,943	da
	A_{gt} [%]	K (n=50)	4,6951	0,3933	5,0	10	0,947	-0,775	ne
		L (n=70)	4,6566	0,3857				-0,890	ne
		M(n=95)	4,6976	0,4306				-0,702	ne

Iz dobivenih rezultata statističke obrade standardnom „s” metodom prema normi ISO 3951-2 vidljivo je da su sve dobivene vrijednosti za vlačna svojstva čelika B550A promjera 7 mm prihvatljive. Iz tog razloga je i cjelokupna serija zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550A odabranog proizvođača prihvaćena.

Kod zavarenih mreža promjera 7 mm vrste čelika B550B vidljivo je da dobivena vrijednost za ukupno istezanje pri najvećoj sili A_{gt} nije zadovoljila zahtjev odabrane standardne „s” metode. S obzirom da navedeno vlačno svojstvo ne udovoljava zahtjevu standardne „s” metode i cjelokupna serija zavarenih mreža promjera 7 mm vrste čelika B550B je iz tog razloga ne prihvatljiva.

4.3 Statistička obrada na stvarnim podacima rezultata ispitivanja višedimenzionalnom „s“ metodom

U ovom dijelu diplomskog rada provodi se statistička obrada na dobivenim rezultatima vlačnih svojstava zavarenih mreža višedimenzionalnom „s“ metodom za nazivni promjer 7 mm kod dvije vrste čelika B550A i B550B. Također se i ovdje na temelju iskustva, kao što je to urađeno i kod standardne „s“ metode, pretpostavlja da se veličina serije kreće između 1000 i 35 000 komada zavarenih mreža ostvarenih u šestomjesečnoj proizvodnji odabranog proizvođača. Iz tog razloga iz tablice 7 odabiru se kodna slova K, L, M za II. razinu kontrole koja se uzima kada drugačije nije određeno. Pretpostavlja se da *AQL* za klasu A iznosi 6,5 %, a za klasu B 10%.

Tablica 17. Statistička obrada dobivenih rezultata višedimenzionalnom „s“ metodom

Promjer [mm]	Vlačna svojstva	Kodno slovo	\bar{x}	<i>s</i>	<i>L</i>	Klasa <i>AQL</i>
7,00 B550A	R_e [N/mm ²]	K (n=50) L (n=70) M(n=95)	597,98 599,25 601,19	28,29 26,70 25,72	550	A 6,5%
	R_m [N/mm ²]	K (n=50) L (n=70) M(n=95)	641,89 642,81 644,41	30,74 27,59 25,86	/	B 10%
	R_m/R_e	K (n=50) L (n=70) M n=95)	1,0734 1,0728 1,0721	0,0087 0,0091 0,0102	1,05	B 10%
	A_{gt} [%]	K (n=50) L (n=70) M(n=95)	3,5643 3,3850 3,3271	0,5421 0,5631 0,5645	2,5	B 10%
7,00 B550B	R_e [N/mm ²]	K (n=50) L (n=70) M(n=95)	580,71 580,39 578,14	16,27 15,74 15,51	550	A 6,5%
	R_m [N/mm ²]	K (n=50) L (n=70) M(n=95)	658,84 656,91 654,66	18,87 18,17 18,09	/	B 10%
	R_m/R_e	K (n=50) L (n=70) M n=95)	1,1346 1,1319 1,1324	0,0089 0,0105 0,0106	1,08	B 10%
	A_{gt} [%]	K (n=50) L (n=70) M(n=95)	4,6951 4,6566 4,6976	0,3933 0,3857 0,4306	5,0	B 10%

Promjer [mm]	Vlačna svojstva	$Q = \frac{\bar{x} - L}{s}$	$\frac{1 - Q\sqrt{n}/(n-1)}{2}$	\hat{p}	P_i^*
7,00 B550A	R_e [N/mm ²]	1,696	0,377627	0,04344	0,1159
		1,844	0,388202	0,03155	0,1074
		1,990	0,396829	0,02244	0,1074
	R_m [N/mm ²]	/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
	R_m/R_e	2,689	0,305978	0,00269	0,1720
		2,505	0,348128	0,00531	
		2,166	0,387704	0,01437	
	A_{gt} [%]	1,963	0,358362	0,02314	0,1720
		1,571	0,404754	0,05725	
		1,465	0,424047	0,07105	
7,00 B550B	R_e [N/mm ²]	1,887	0,363845	0,02793	0,1159
		1,930	0,382988	0,02574	0,1074
		1,814	0,405953	0,03410	0,1074
	R_m [N/mm ²]	/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
	R_m/R_e	6,134	0,057408	0,00000001	0,1720
		4,942	0,200378	0,00000002	
		4,943	0,243731	0,00000005	
	A_{gt} [%]	-0,775	0,555919	0,21991	0,1720
		-0,890	0,553958	0,18705	
		-0,702	0,536394	0,24166	

Prihvatljivost serije zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550A za n=50 uzoraka:

$$\hat{p}_A = 1 - (1 - 0,04344) = 0,0434444$$

$$\hat{p}_B = 1 - (1 - 0,00269)(1 - 0,02314) = 0,025775$$

$$p_A^* = 0,1159$$

$$p_B^* = 0,1720$$

$\hat{p}_A \leq p_A^*$ i $\hat{p}_B \leq p_B^*$, serija je prihvatljiva.

Prihvatljivost serije zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550A za 70 uzoraka:

$$\hat{p}_A = 1 - (1 - 0,03155) = 0,03155$$

$$\hat{p}_B = 1 - (1 - 0,00531)(1 - 0,05725) = 0,0622613$$

$$p_A^* = 0,1074$$

$$p_B^* = 0,1720$$

$\hat{p}_A \leq p_A^*$ i $\hat{p}_B \leq p_B^*$, serija je prihvatljiva.

Prihvatljivost serije zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550A za 95 uzoraka:

$$\hat{p}_A = 1 - (1 - 0,02244) = 0,02244$$

$$\hat{p}_B = 1 - (1 - 0,01437)(1 - 0,07105) = 0,0844115$$

$$p_A^* = 0,1074$$

$$p_B^* = 0,1720$$

$$\hat{p}_A \leq p_A^* \text{ i } \hat{p}_B \leq p_B^*, \text{ serija je prihvatljiva.}$$

Prihvatljivost serije zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550B za 50 uzoraka:

$$\hat{p}_A = 1 - (1 - 0,02793) = 0,02793$$

$$\hat{p}_B = 1 - (1 - 0,000000000000001)(1 - 0,21991) = 0,219913$$

$$p_A^* = 0,1159$$

$$p_B^* = 0,1720$$

$$\hat{p}_A \leq p_A^* \text{ i } \hat{p}_B \geq p_B^*, \text{ serija nije prihvatljiva.}$$

Prihvatljivost serije zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550B za 70 uzoraka:

$$\hat{p}_A = 1 - (1 - 0,02574) = 0,02574$$

$$\hat{p}_B = 1 - (1 - 0,000000023)(1 - 0,18705) = 0,18705168$$

$$p_A^* = 0,1074$$

$$p_B^* = 0,1720$$

$$\hat{p}_A \leq p_A^* \text{ i } \hat{p}_B \geq p_B^*, \text{ serija nije prihvatljiva.}$$

Prihvatljivost serije zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550B za 95 uzoraka:

$$\hat{p}_A = 1 - (1 - 0,034101) = 0,034101$$

$$\hat{p}_B = 1 - (1 - 0,0000000564)(1 - 0,2416613631) = 0,2416614059$$

$$p_A^* = 0,1074$$

$$p_B^* = 0,1720$$

$$\hat{p}_A \leq p_A^* \text{ i } \hat{p}_B \geq p_B^*, \text{ serija nije prihvatljiva.}$$

Iz navedene statističke obrade višedimenzionalnom „s“ metodom vidljivo je da vlačna svojstva zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550A i kod klase A i klase B odgovaraju zahtjevima navedene metode te je zbog tog razloga i cijela serija zavarenih mreža prihvatljiva. S druge strane procjena nesukladnosti za vlačna svojstva zavarenih mreža promjera 7 mm čelika B550B ne odgovara zahtjevima višedimenzionalne "s" metode te iz tog razloga i serija zavarenih mreža nije prihvatljiva.

5 ANALIZA PODATAKA U PROGRAMSKOM PAKETU MINITAB

Statističkom obradom na dobivenim podacima vlačne čvrstoće (R_e , R_m/R_e i A_{gt}) zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A i B550B dobiveni su rezultati iz kojih su izvučeni sljedeći zaključci:

- da provedenom statističkom obradom metodom iz norme HRN EN 10080 serija zavarenih mreža kod obje vrste čelika (B550A i B550B) nije prihvaćena jer ne udovoljava zahtjevima te metode
- da provedenom statističkom obradom standardnom „s“ metodom iz norme ISO 3951-2 serija zavarenih mreža čelika B550A je prihvatljiva, dok serija zavarenih mreža čelika B550B nije prihvatljiva jer ne udovoljava zahtjevima standardne „s“ metode
- da provedenom statističkom obradom višedimenzionalnom „s“ metodom iz norme ISO 3951-2 serija zavarenih mreža čelika B550A je prihvatljiva, dok serija zavarenih mreža čelika B550B nije prihvatljiva jer ne udovoljava zahtjevima višedimenzionalne metode

Daljnjom analizom dobivenih podataka pokušat će se utvrditi zbog kojeg razloga je serija zavarenih mreža promjera 7,00 mm čelika B550A neprihvatljiva kod statističke obrade metodom iz norme HRN EN 10080, a prihvatljiva kod vrednovanja standardnom „s“ i višedimenzionalnom „s“ metodom. Također pokušat će se utvrditi iz kojeg razloga je serija zavarenih mreža promjera 7,00 mm čelika B550B neprihvatljiva kod vrednovanja rezultata svakom od navedenih statističkih metoda.

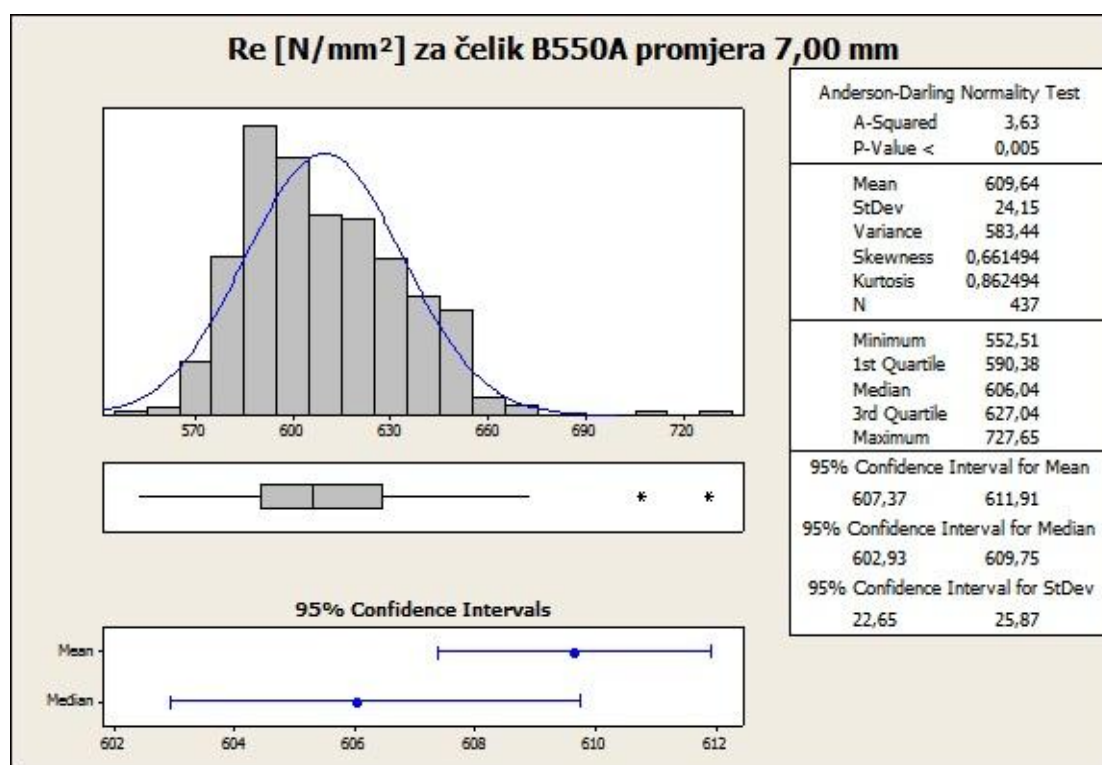
5.1 Testiranje podataka na normalnu razdiobu

Danas su dostupni mnogi programski alati koji omogućavaju provođenje statističke analize podataka. Jedan od takvih alata je Minitab koji je korišten tokom izrade ovog rada. Programskim alatom Minitab testiran je normalitet dobivenih podataka od strane proizvođača, to jest da li se ti podaci distribuiraju po normalnoj razdiobi. Testiranje se obavlja iz razloga što je u definicijama statističkih metoda koje se koriste u izradi ovog rada definirano da se podaci koji se obrađuju tim metodama

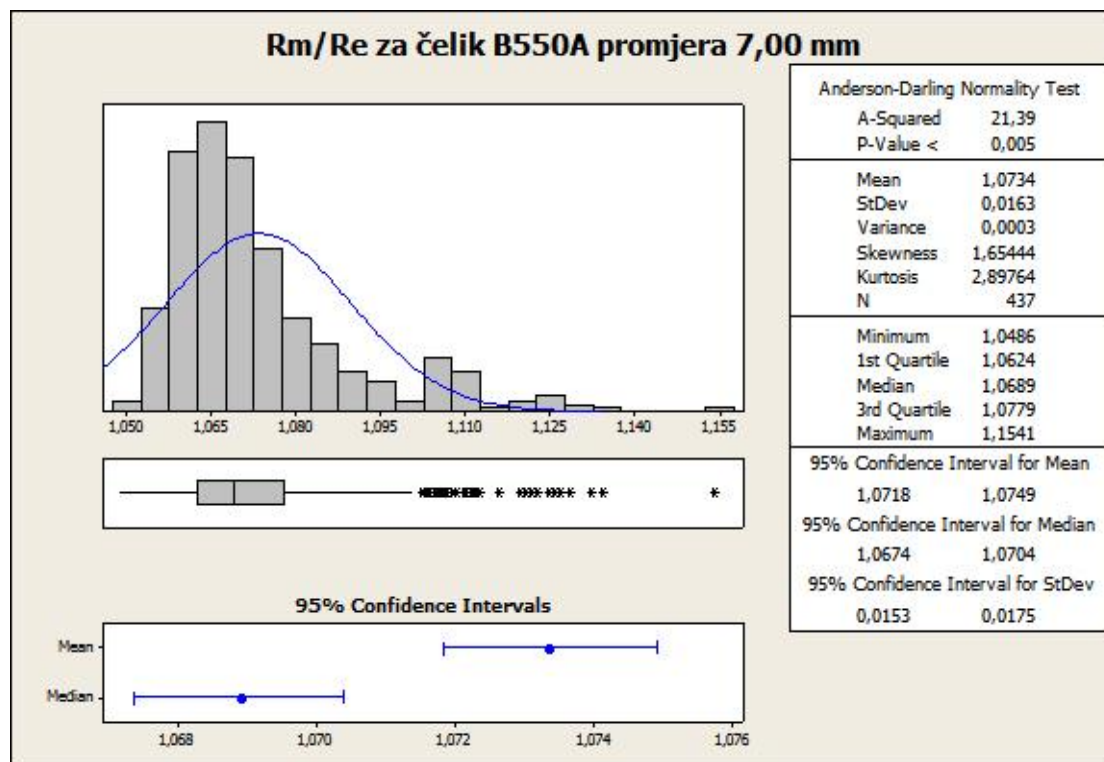
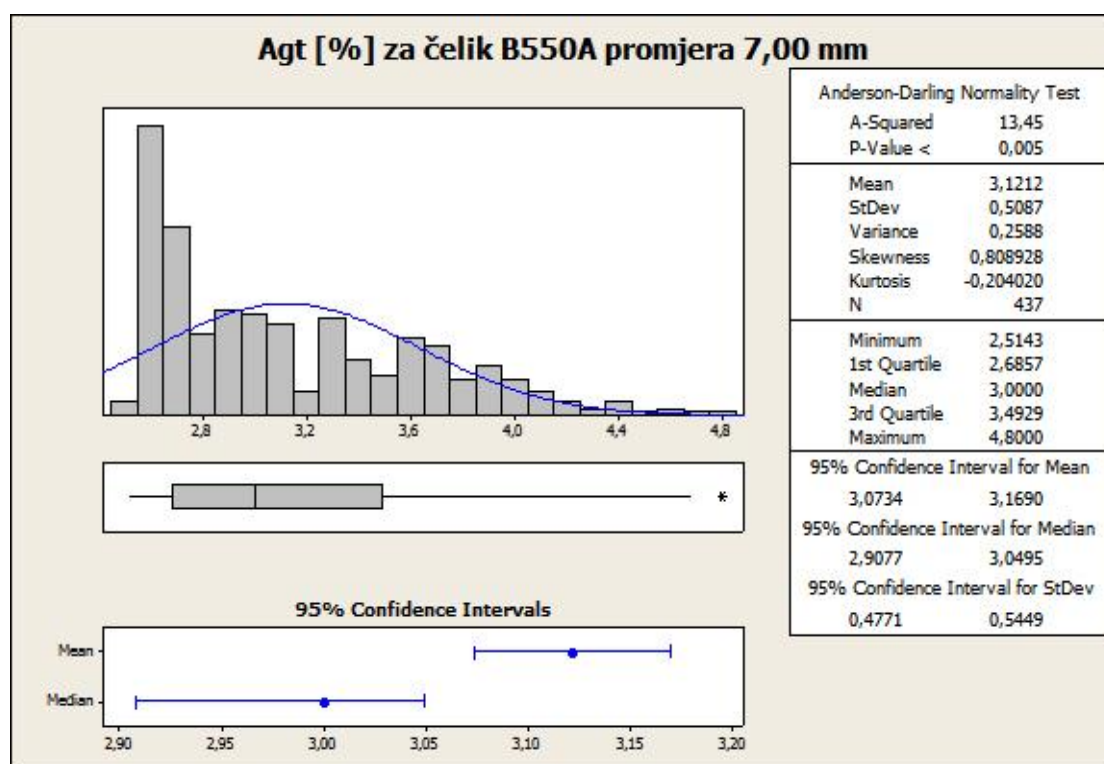
moraju približno pokoravati normalnoj razdiobi. Testiranje normaliteta podataka izvršava se pomoću Anderson-Darling testa u programu Minitab.

Ocjenjivanje podataka vrši se pomoću *p-vrijednosti* i AD (Anderson-Darling) vrijednosti. Raspon *p-vrijednosti* je između 0 i 1. Pri provođenju analize potrebno je odrediti α razinu, koja se uobičajeno uzima 0,05. Ako je *p-vrijednost* prema statističkom testu manja od vrijednosti α razine podaci koji su ispitivani ne pokoravaju se normalnoj razdiobi. AD (Anderson-Darling) vrijednost mjeri koliko dobro testirani podaci slijede distribuciju. Što je bolja raspodjela podataka, manja će biti vrijednost AD.

5.1.1 Testiranje normaliteta za vlačna svojstva zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A

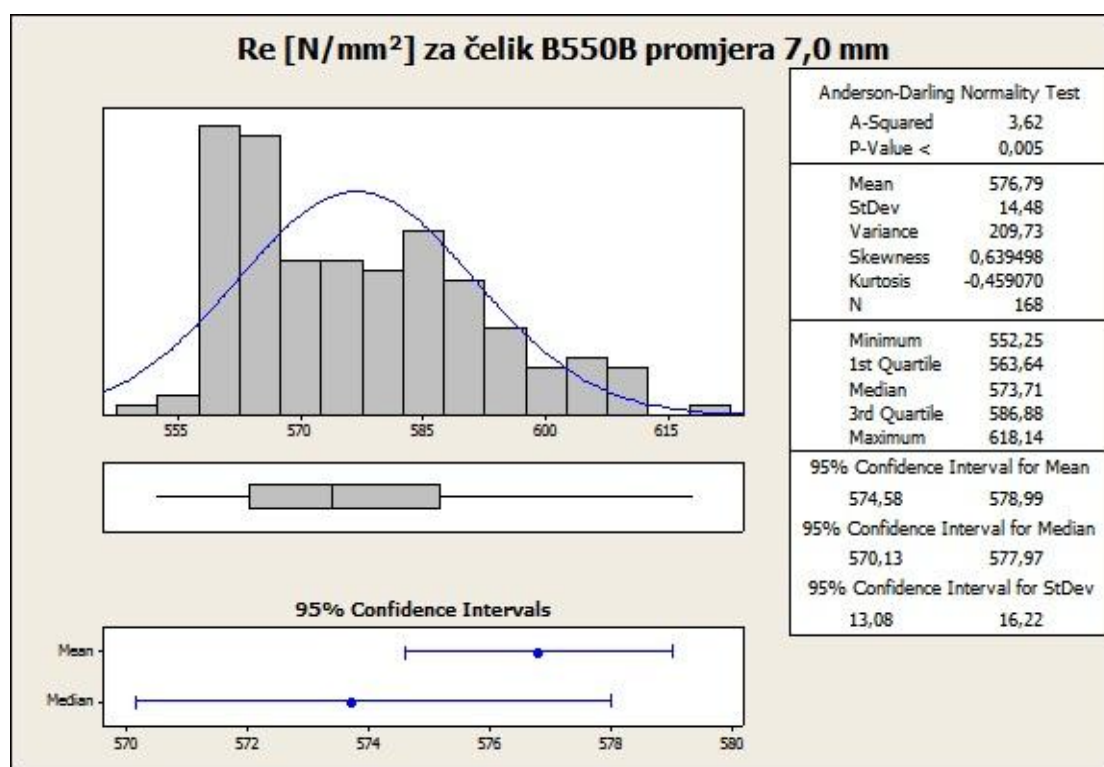


Slika 5. Testiranje normaliteta za R_e čelika B550A

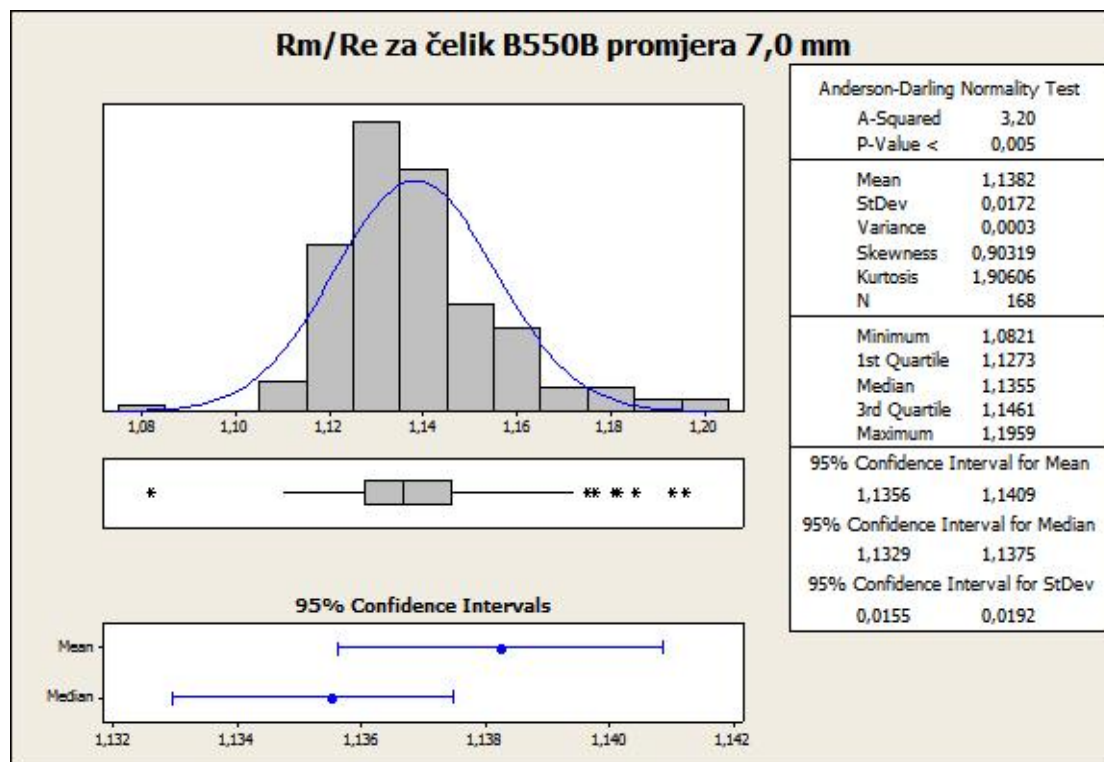
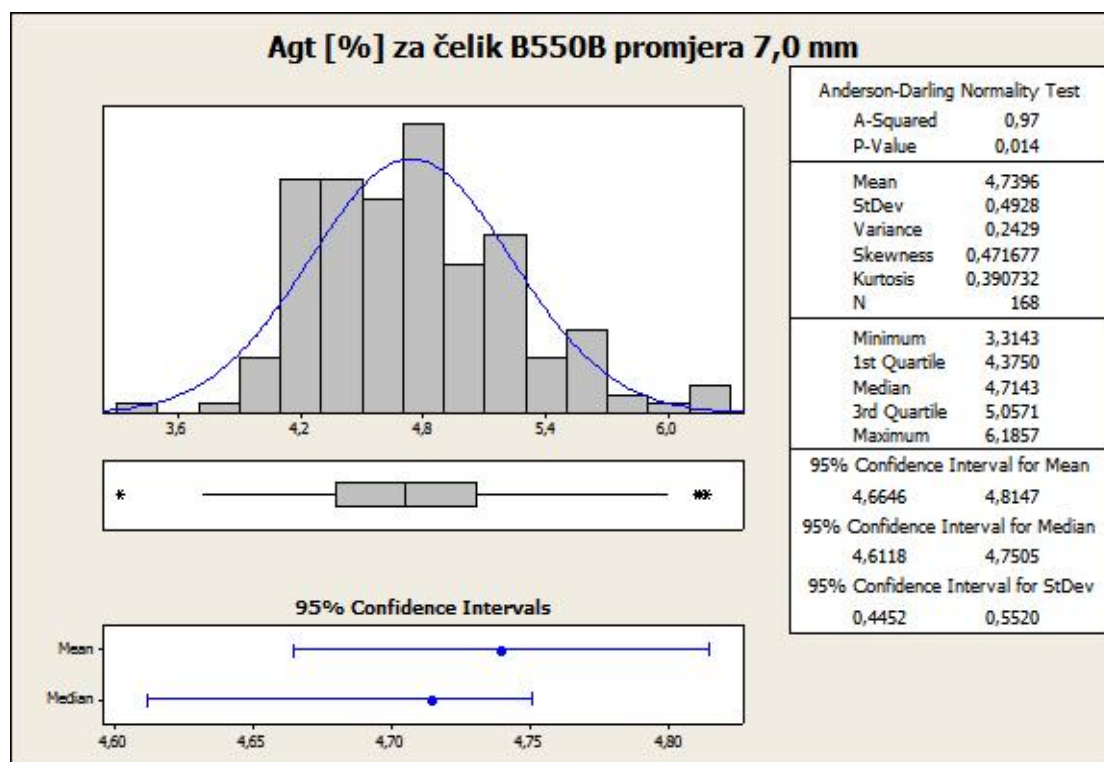
Slika 6. Testiranje normaliteta za R_m/R_e čelika B550ASlika 7. Testiranje normaliteta za A_{gt} čelika B550A

Iz prikazanih slika (5., 6., i 7.) vidljivo je da se parametri R_e , R_m/R_e i A_{gt} za čelik B550A promjera 7,0 mm ne pokoravaju normalnoj razdiobi. P -vrijednosti su za svako svojstvo iznimno male i puno manje od zadane razine $\alpha = 0,05$, dok je AD vrijednost prilično velika.

5.1.2 Testiranje normaliteta za vlačna svojstva zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550B



Slika 8. Testiranje normaliteta za R_e čelika B550B

Slika 9. Testiranje normaliteta za R_m/R_e čelika B550BSlika 10. Testiranje normaliteta za A_{gt} čelika B550A

Iz prikazanih slika (8., 9., i 10.) vidljivo je da se parametri R_e , R_m/R_e i A_{gt} za čelik B550B promjera 7,0 mm ne pokoravaju normalnoj razdiobi. P -vrijednosti su za svako svojstvo iznimno male i puno manje od zadane razine $\alpha = 0,05$, dok je AD vrijednost prilično velika.

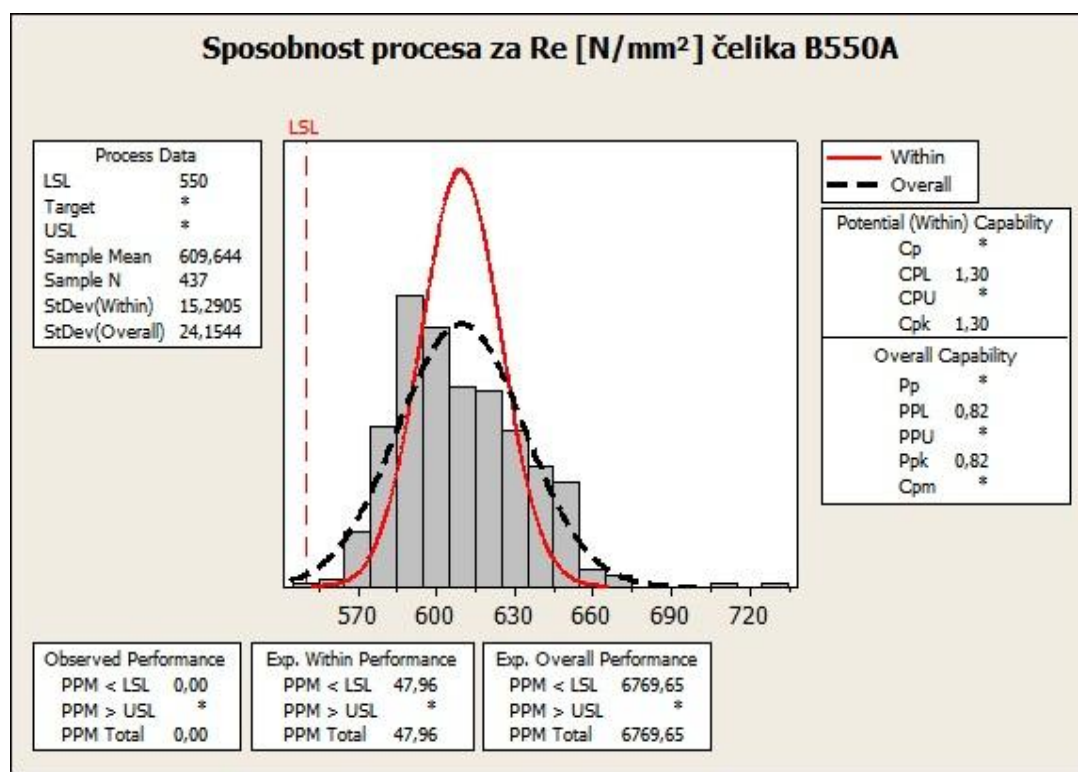
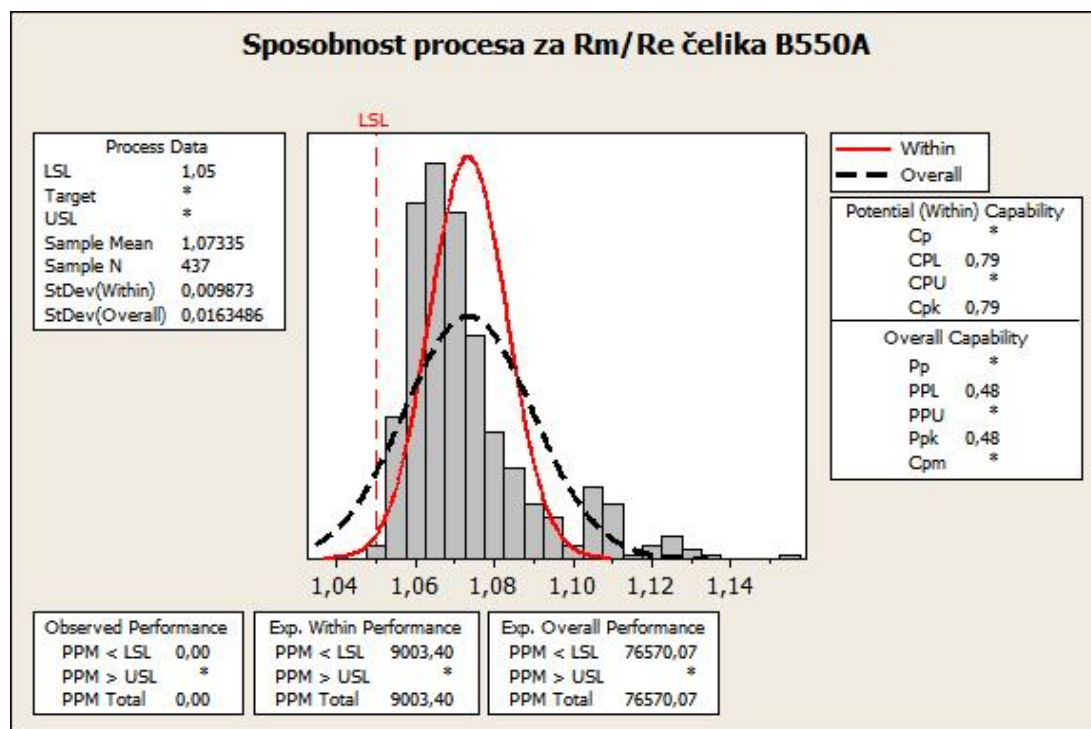
5.2 Analiza sposobnosti procesa

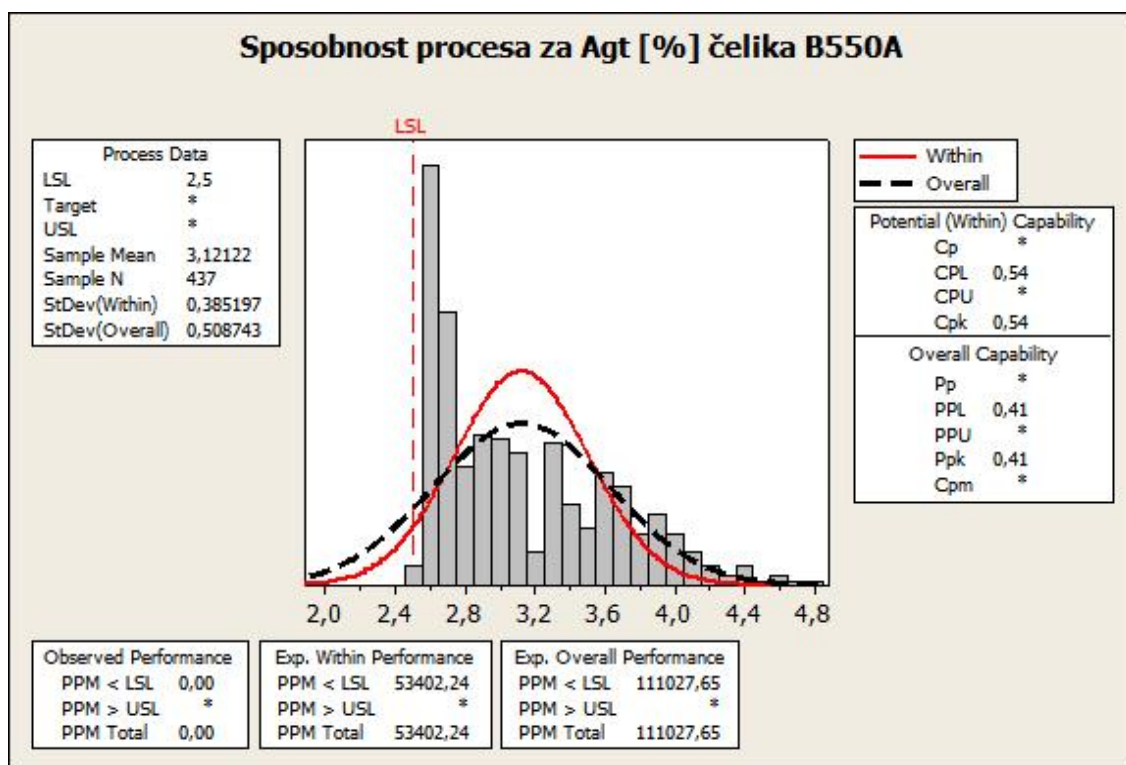
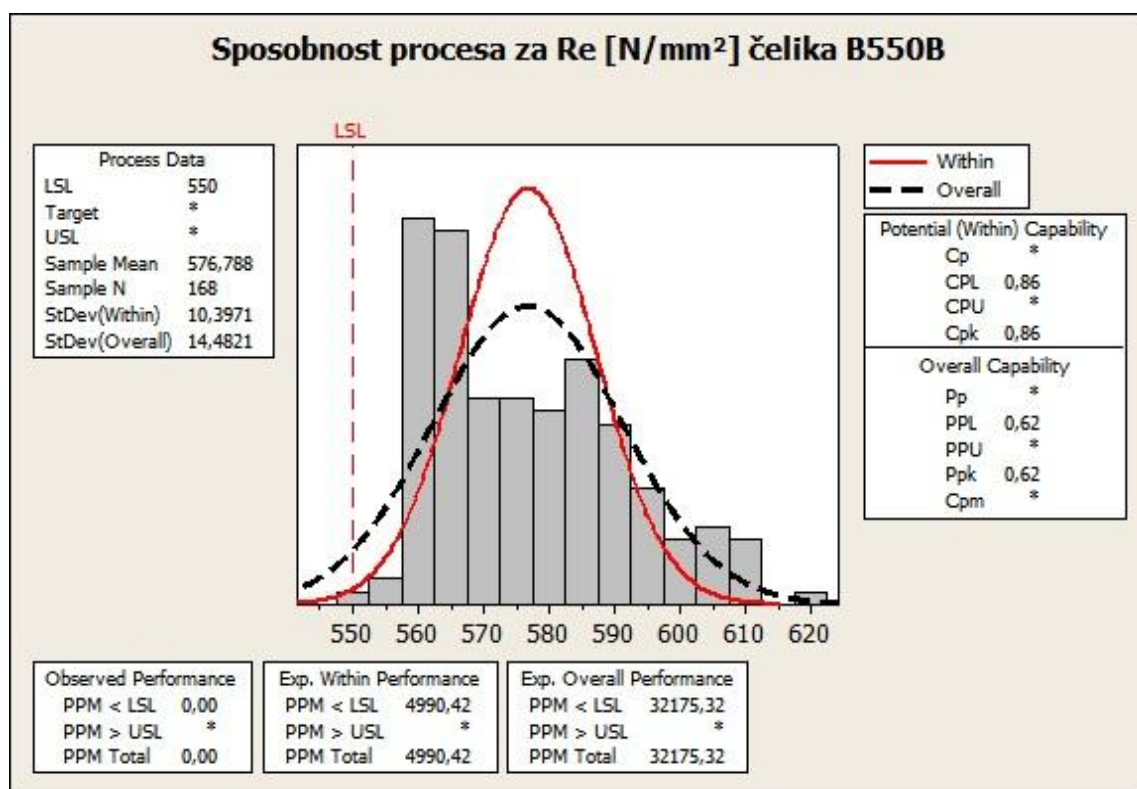
Podatke vezane uz sposobnost procesa dijelimo u dvije skupine:

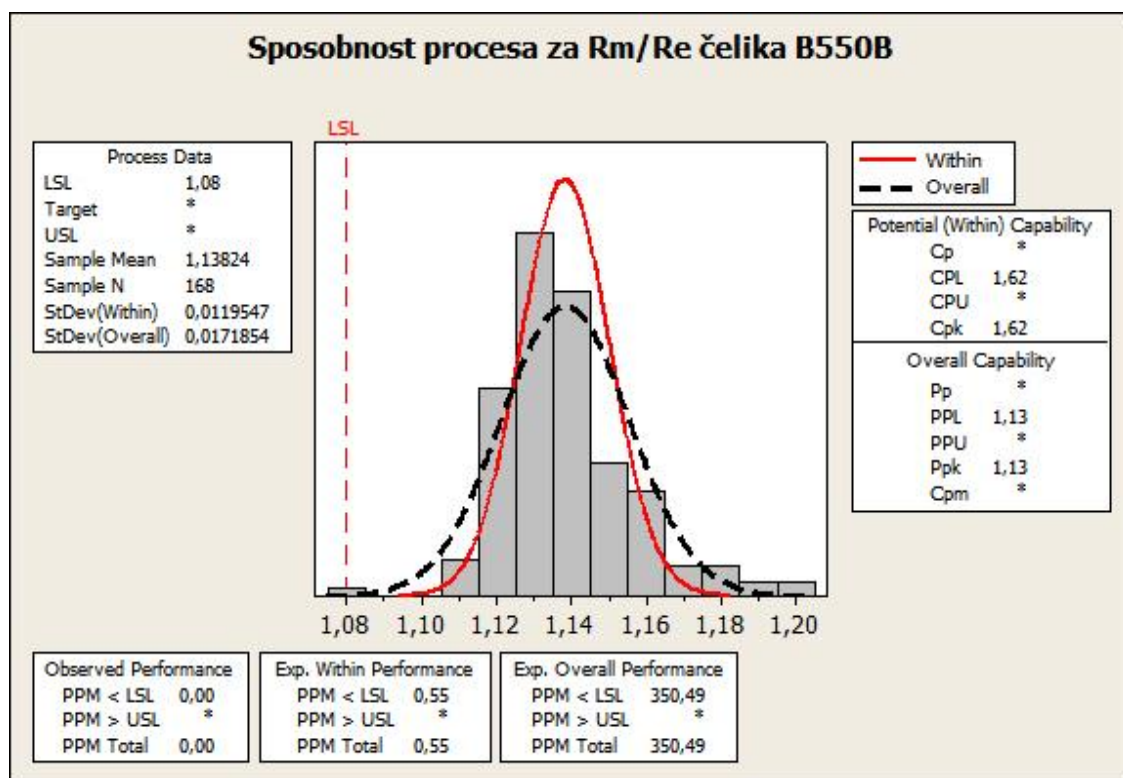
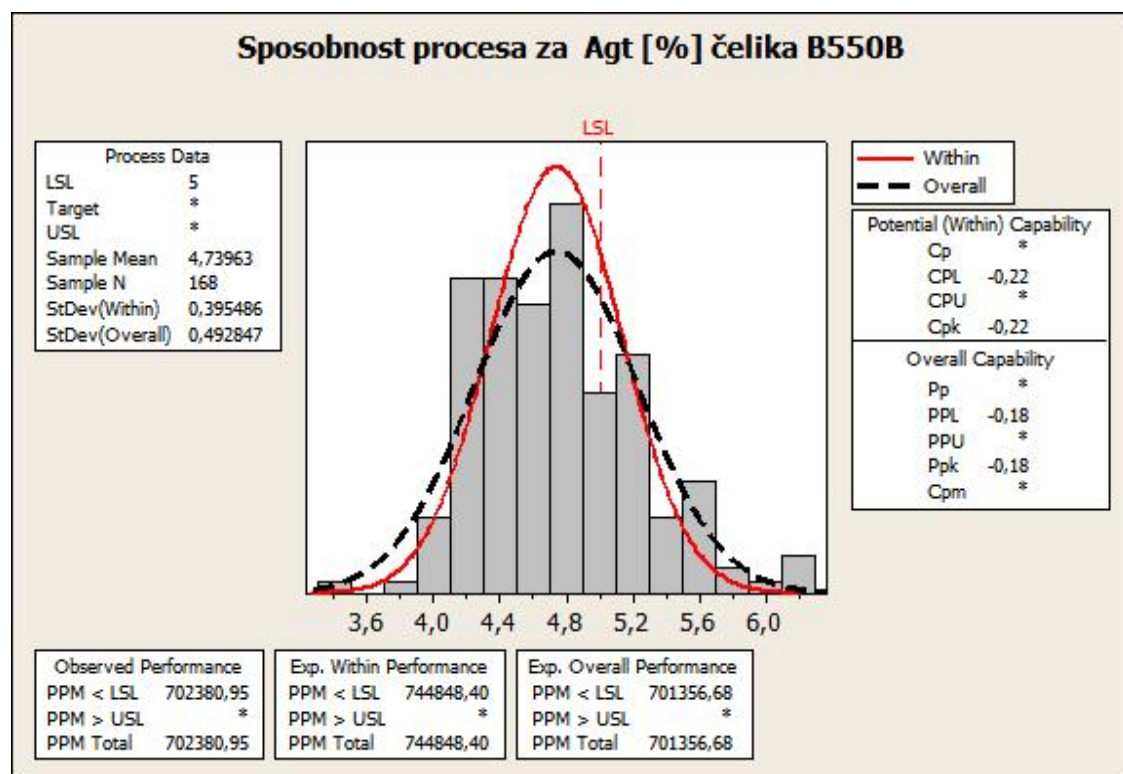
- indeksi potencijalne sposobnosti
- one koji mjere njihove stvarne sposobnosti

Potencijalni indeksi sposobnosti pokazuju koliko proces može biti sposoban ako su ispunjeni određeni uvjeti. Stvarni indeksi sposobnosti procesa određuju kako se proces zapravo ponaša u stvarnosti. Sposobnost procesa u kratkom vremenskom razdoblju (short term) procjenjuje se pokazateljima kao što su: C_p , C_{pk} i C_r . Kada se procjenjuju svojstva u duljem vremenskom razdoblju (long term) procjenjuje se pokazateljima kao što su: P_p , P_{pk} i P_r . Podatak o dijelovima na milijun (PPM) mjeri koliko dijelova od milijun su neispravni (tj. koliko dijelova izlazi izvan specificiranih granica), te će u analizi podataka biti najznačajniji. Iz podatka o dijelovima na milijun (PPM) lako je vidjeti na kojoj se razini kvalitete nalazi proizvodni proces.

5.2.1 Sposobnost procesa u analizi vlačnih svojstava zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A i B550B

Slika 11. Sposobnost procesa za R_e čelika B550ASlika 12. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550A

Slika 13. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550ASlika 14. Sposobnost procesa za R_e čelika B550B

Slika 15. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550BSlika 16. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550B

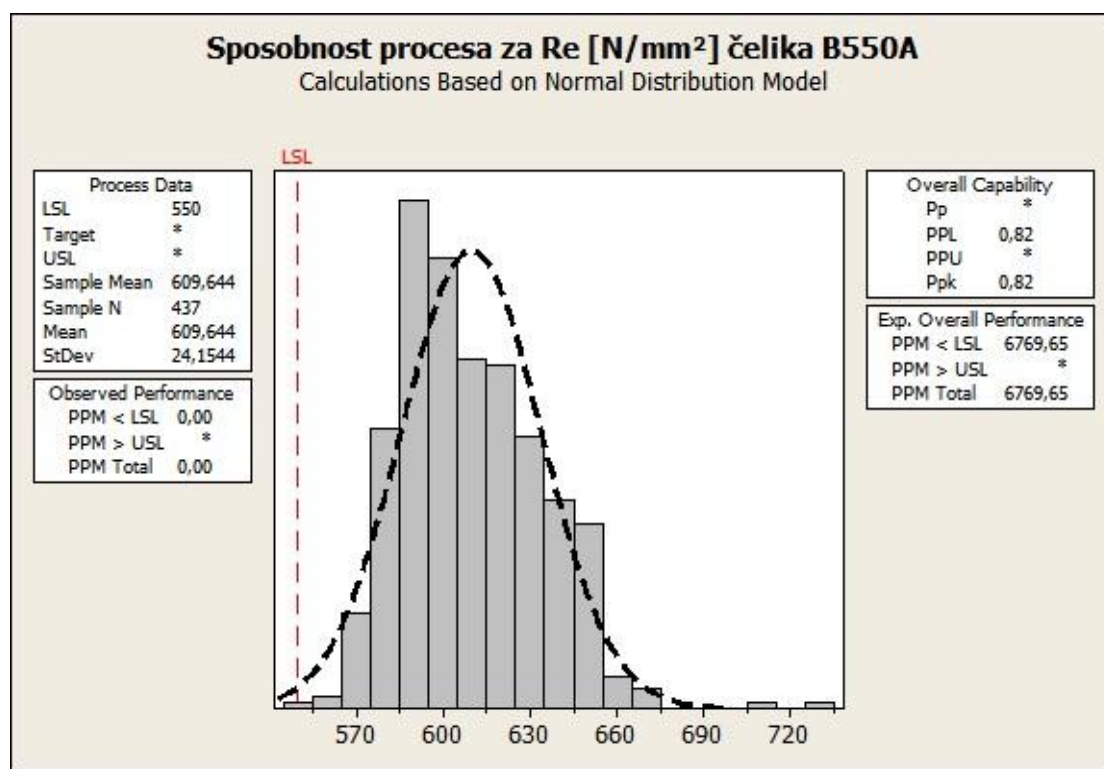
Vrijednosti koeficijenta sposobnosti procesa Cpk i Ppk su manje od 1 što znači da procesi nisu sposobni i da proizvode nesukladne jedinice.

Na slici 16. za svojstvo A_{gt} vidljiva je jako velika vrijednost PPM , a to dovodi do zaključka da postoji jako mnogo pojedinačnih vrijednosti za vlačno svojstvo A_{gt} koje se nalaze ispod specificirane donje granice.

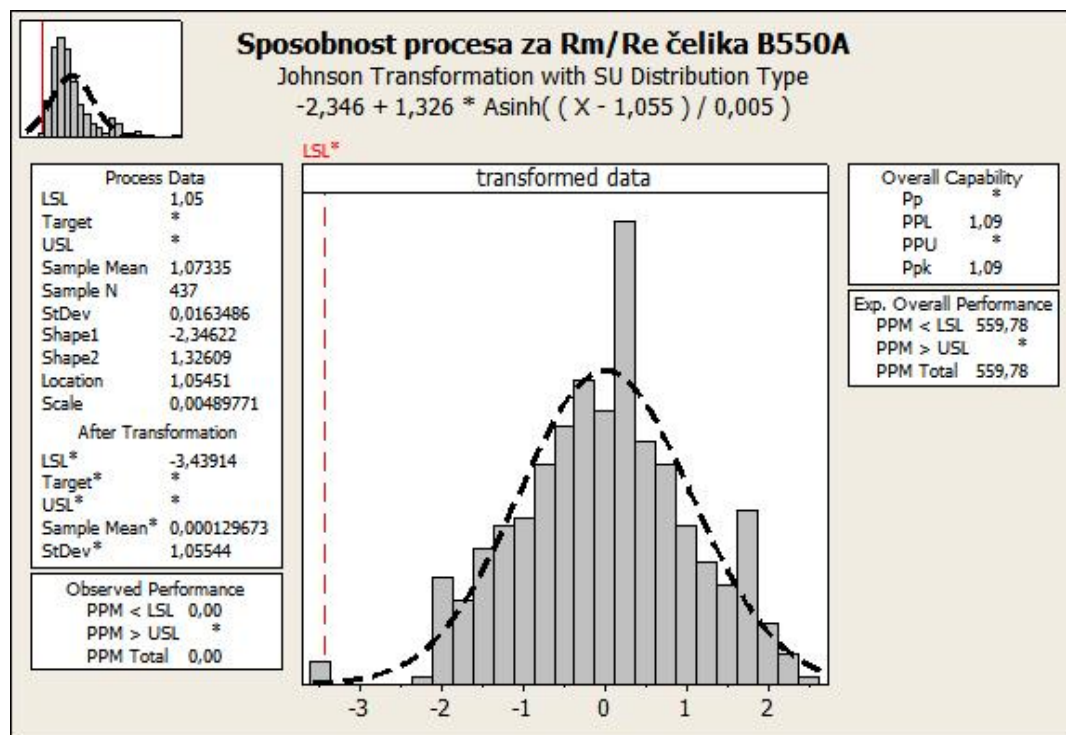
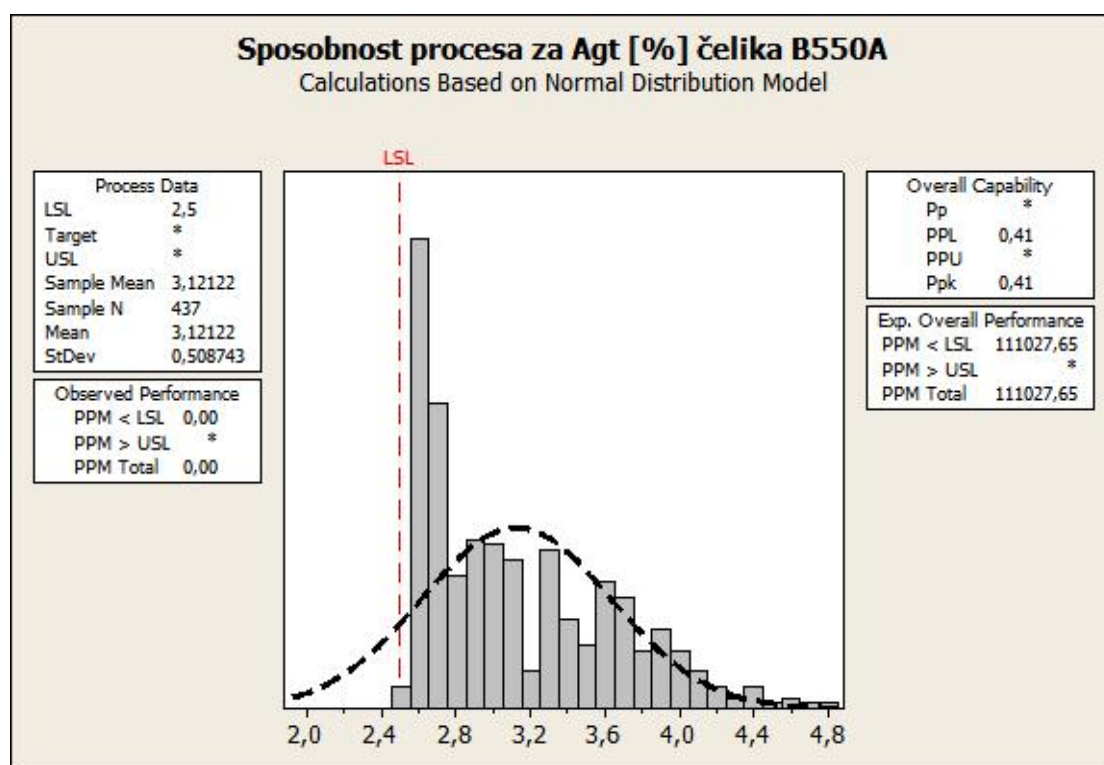
5.3 Procjena sposobnosti procesa na temelju Johnson – ovih transformacija

Bazirajući se na mogućnosti transformiranja vrijednosti, američki matematičar Johnson razvio je transformacijski sustav. Pomoću tog sustava moguće je sve važne tipove kontinuiranih distribucija pretvoriti u normalnu. Izbor transformacije bazira se na mjerama asimetrije i zaobljenosti. Teoretski gledano, postoji beskonačan broj kombinacija tih dviju vrijednosti. One zauzimaju cijelu ravninu koju Johnson dijeli u tri regije. Postoji regija koja se matematički ne može opisati i ona se ne razmatra u praktičnim primjenama. Preostala površina dijeli se na dvije regije. Jedna sadrži kombinacije asimetrije i zaobljenosti koje je moguće opisati sustavom jednačbi, čiji je raspon limitiran sa dvije strane. Johnson to naziva Ograničeni sustav (eng. *System Bounded*) ili *SB*. Ta površina se spaja u regiju gdje je pogodnije koristiti nelimitirane jednačbe, što se naziva Neograničeni sustav (eng. *System Unbounded*) ili *SU*. Između dva sustava postoji prijelazni tip, sustav jednačbi ograničenih samo na jednoj stani. Sustav uključuje logaritamske transformacije sa tri parametra i nosi skraćenicu *SL*.

5.3.1 Sposobnost procesa u analizi vlačnih svojstava zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije



Slika 17. Sposobnost procesa za R_e čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije

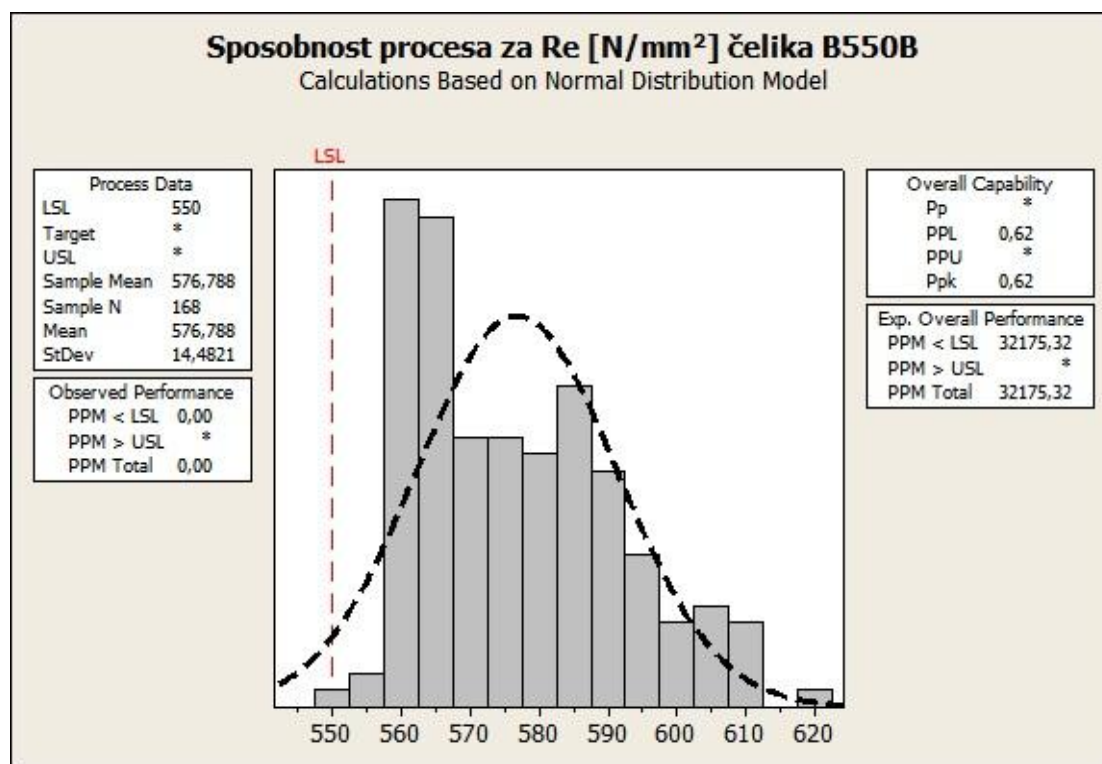
Slika 18. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550A nakon Johnson-ove transformacijeSlika 19. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550A nakon Johnson-ove transformacije

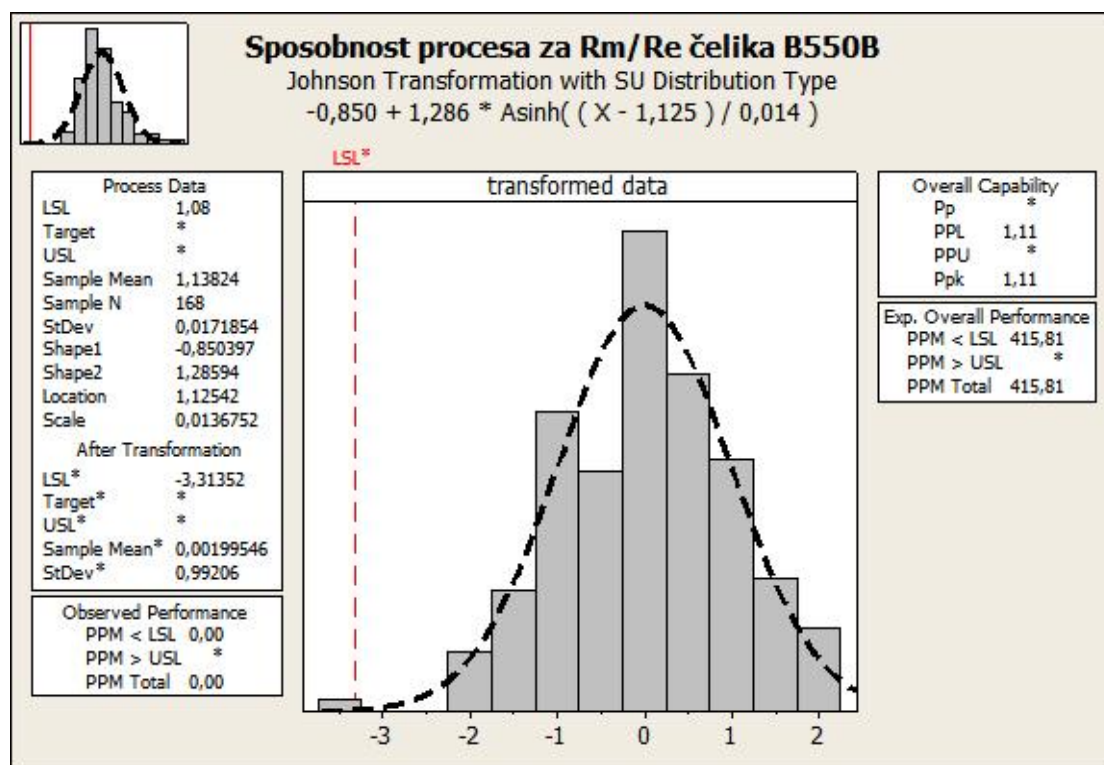
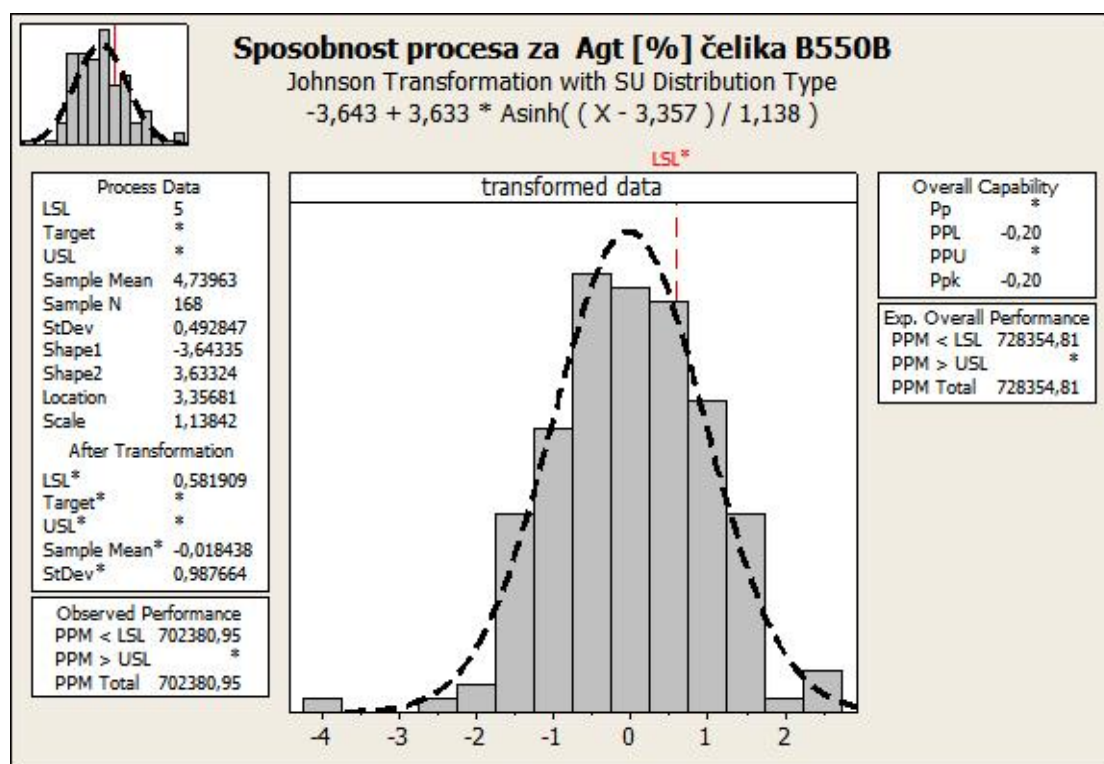
Tablica 18. Sposobnost procesa čelika B550A prije i poslije provedene transformacije

Vlačna svojstva	Prije transformacije		Johnson-ova transformacija	
	PPL	P_{pk}	PPL	P_{pk}
R_e	0,82	0,82	0,82	0,82
R_m/R_e	0,48	0,48	1,09	1,09
A_{gt}	0,41	0,41	0,41	0,41

Nakon provedene analize vidljivo je da je Johnson-ova transformacija moguća samo na podacima vlačnog svojstva R_m/R_e zavarenih mreža čelika B550A, dok su podaci za svojstva R_e i A_{gt} ostali nepromijenjeni. Iz tablice 18. vidljivo je prema pokazateljima o sposobnosti u duljem vremenskom razdoblju PPL i P_{pk} da je iz tog razloga došlo do poboljšanja procesa samo kod vlačnog svojstva R_m/R_e nakon provedene Johnson-ove transformacije.

5.3.2 Sposobnost procesa u analizi vlačnih svojstava zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije

Slika 20. Sposobnost procesa za R_e čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije

Slika 21. Sposobnost procesa za R_m/R_e čelika B550B nakon Johnson-ove transformacijeSlika 22. Sposobnost procesa za A_{gt} čelika B550B nakon Johnson-ove transformacije

Tablica 19. Sposobnost procesa čelika B550B prije i poslije provedene transformacije

Vlačna svojstva	Prije transformacije		Johnson-ova transformacija	
	PPL	P_{pk}	PPL	P_{pk}
R_e	0,62	0,62	0,62	0,62
R_m/R_e	1,13	1,13	1,11	1,11
A_{gt}	-0,18	-0,18	-0,20	-0,20

Nakon provedene analize vidljivo je da je Johnson-ova transformacija moguća na podacima vlačnog svojstva A_{gt} i R_m/R_e zavarenih mreža čelika B550B, dok su podaci za svojstvo R_e ostali nepromjenjeni. Iz tablice 19. vidljivo je prema pokazateljima o sposobnosti u duljem vremenskom razdoblju PPL i P_{pk} da su promjene indeksa minimalne za svojstva A_{gt} i R_m/R_e nakon provedene Johnson-ove transformacije, dok je za svojstvo R_e indeks ostao nepromjenjen.

6 ZAKLJUČAK

Temeljem ovog diplomskog rada na temu „Procjena razine kvalitete proizvođača čelika za armiranje betona“ moguće je izvesti sljedeće zaključke:

- izuzetno je važno da svi betonski elementi, a isto tako i čelik za armiranje betona (zavarene mreže) posjeduju određenu razinu kvalitete propisanu normama kako bi mogli ispuniti sve sigurnosne, tehničke i zakonske propise
- da dobivenom potvrdom o sukladnosti čelika za armiranje betona od strane certifikacijskog tijela proizvođač dobiva potvrdu da je njegov proizvod kvalitetan, a time zaslužuje povjerenje kupaca da taj proizvod mogu ugrađivati u sve betonske konstrukcije bez imalo sumnje

Nakon provedenih analiza sposobnosti procesa, ispitivanja normaliteta i statističke obrade metodom iz norme HRN EN 10080, standardnom „s“ i višedimenzionalnom „s“ metodom se zaključuje:

- A. Svi rezultati ispitivanja vlačnih svojstava čelika za armiranje betona se nalaze iznad donje granice specifikacije, osim za svojstvo ukupnog istezanja pri najvećoj sili (A_{gt}) zavarenih mreža čelika B550B.
- B. Statističkom metodom sukladno normi HRN EN 10080 i analizom sposobnosti procesa utvrđeno je da su serije zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A i B550B neprihvatljive.
- C. Statističkim metodama sukladno normi ISO 3951 – 2 utvrđeno je da je serija zavarenih mreža promjera 7,0 mm čelika B550A prihvatljiva dok serija B550B nije prihvatljiva.
- D. Podaci nad kojima se izvodila statistička obrada navedenim metodama ne pokoravaju se normalnoj razdiobi. Transformacija podataka bila je moguća samo za podatke parametara R_m/R_e za čelik B550A i parametre R_m/R_e i A_{gt} za čelik B550B.
- E. Podaci se nisu mogli prilagoditi niti jednoj teorijskoj razdiobi.

Iz svega navedenog može se dovesti u sumnju istinitost rezultata ispitivanja. Histogramski prikazi ukazuje na moguće sortiranje i odbacivanje podataka koji nisu zadovoljavali postavljeni kriterij. Takove podatke nije moguće analizirati niti jednom statističkom metodom.

LITERATURA

- [1] Norma HRN EN 10080:2005, Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje - Općenito
- [2] Zakon o građevnim proizvodima, 2008
- [3] Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda, 2008
- [4] Tehnički propis za betonske konstrukcije, 2009
- [5] Scholz, F., Applications of the noncentral t-distributions, 2007, Washington
- [6] Norma ISO 3951-2:2006, Sampling procedures for inspection by variables – Part 2: General specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection of independent quality characteristics
- [7] Norma HRN 1130-4:2008, Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih mreža